

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Προσδιορισμός του πλημμυρογραφήματος της βροχόπτωσης της περιόδου: 7/12-10/12/2002 στο χείμαρρο Γεραμπίνη Ζαγοράς.

ΚΑΡΑΛΗΜΟΣ ΟΔΥΣΣΕΑΣ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6835/1
Ημερ. Εισ.: 20-01-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΙΥΠ
2007
ΚΑΡ

Τριμελής επιτροπή: 1. Μάριος Σαπουντής, Λέκτορας (Επιβλέπων).

2. Νικόλαος Δαλέζιος, Καθηγητής (M.F.Sc., Ph.D).

3. Άρης Ψιλοβίκος, Λέκτορας.

Στην αξιότιμη οικογένειά μου και
στον αξιόλογο καθηγητή μου, κ. Μ. Σαπουντζή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το χειμαρρικό ρεύμα «Γεραμπίνη» Ζαγοράς του Β.Α. Πηλίου εμφανίζει έντονη πλημμυρική δράση μετά από την εκδήλωση εντόνων βροχοπτώσεων.

Για την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής, η Δασική Υπηρεσία προέβη στην κατασκευή σειράς φραγμάτων βαθμίδωσης της κοίτης του ρεύματος.

Στην παρούσα εργασία μελετάμε το πλημμυρικό γεγονός που δημιουργήθηκε μετά από την έντονη βροχόπτωση της 7/12/2002.

Για το σκοπό αυτό αναλύθηκε η βροχόπτωση και προσδιορίστηκε το απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης για την ωριαία κατανομή αυτής με τη χρήση του απορροϊκού συντελεστή (CN) της Soil Conservation Service (SCS). Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν τα πλημμυρογραφήματα που προκύπτουν με τη χρήση των μεθόδων α) της περιοχής Sierra Nevada (Design of Small Dams) και β) της SCS.

Από την εφαρμογή των μεθόδων προκύπτει ότι η μέγιστη υδατοπαροχή κυμάνθηκε από 5,156 m³/s έως 6,197 m³/s και ο συνολικός όγκος του νερού που απέρρευσε από 285951,1 m³ έως 291523,1 m³ και η διάρκεια των υδρογραφημάτων από 0 ώρες έως 62.

Από τη σύγκριση των δύο μοναδιαίων υδρογραφημάτων προκύπτει ότι το υδρογράφημα της μεθόδου SCS εμφανίζει μία σημαντική υστέρηση επίτευξης της μέγιστης τιμής της παροχής σε σχέση με αυτό της περιοχής Sierra Nevada.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	5
2.1 Χωροθέτηση της περιοχής έρευνας	5
3. Μέθοδος έρευνας	6
3.1 Απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης.....	6
3.2 Προσδιορισμός πλημμυρογραφήματος.....	6
3.3 Μοναδιαίο υδρογράφημα.....	6
3.3.1 Μέθοδος Sierra Nevada (Design of small dams).....	9
3.3.2 Μέθοδος SCS (Soil Conservation System).....	12
4. Αποτελέσματα.....	16
4.1 Μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά του χειμάρρου Γεραμπίνη....	16
4.2 Η βλάστηση στην περιοχή του Γεραμπίνη.....	16
4.3 Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.....	17
4.4 Το κλίμα της περιοχής έρευνας.....	18
4.5 Το ανάγλυφο της περιοχής αναφοράς.....	19
4.6 Χειμαρρικό περιβάλλον	19
4.7 Παρουσίαση βροχής.....	19
4.8 Απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης.....	25
4.9 Μέθοδος της περιοχής Sierra Nevada (Design of small dams).....	29
4.10 Μέθοδος S.C.S.....	34
4.11 Συζήτηση-Συμπεράσματα.....	43

Βιβλιογραφία

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα χειμαρρικά ρεύματα χαρακτηρίζονται από δύο βασικές ιδιότητες:

Αποσπούν στερεά υλικά από το χώρο των λεκανών απορροής, τα μεταφέρουν και τα αποθέτουν στα πεδινά τμήματα του ρεύματος και

Εμφανίζουν αιφνίδιες και έντονες πλημμυρικές παροχές μετά από ισχυρές βροχοπτώσεις.

Στην πατρίδα μας πέρα από τα μεγάλα ποτάμια αναπτύσσονται πάνω από χίλιοι χείμαρροι, οι οποίοι εμφανίζουν έντονα πλημμυρικά φαινόμενα. Στο χώρο των λεκανών απορροής των χειμάρρων αναπτύσσονται τα χειμαρρικά φαινόμενα (διαβρώσεις, αποσαθρώσεις, γεωλισθήσεις και γεωκατακρημνίσεις) που προκαλούνται από τη δράση του νερού και παράγουν φερτά υλικά.

Η γεωγραφική κατανομή των βροχών στην Ελλάδα παρουσιάζει έντονη διακύμανση λόγω της ανώμαλης μορφολογίας της χώρας. Έτσι οι βροχοπτώσεις αυξάνονται με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους, ακόμα η Δυτική Ελλάδα είναι κατά πολύ βροχερότερη της Ανατολικής. Κατά συνέπεια έχουμε μεγάλα ύψη βροχής στην πλευρά του Ιονίου απ'ότι στο Αιγαίο πέλαγος. Παρατηρούμε ότι η οροσειρά της Πίνδου επηρεάζει το ύψος βροχής σε μεγάλο ποσοστό σε όλη τη χώρα, το ίδιο ισχύει και για τα όρη της Πελοποννήσου. Στη συνέχεια δημιουργείται μια ζώνη ελάχιστου στην περιοχή της πεδινής Θεσσαλίας. Η κατανομή των βροχοπτώσεων στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια του έτους είναι βροχερή στην χειμερινή περίοδο του έτους ενώ αντίστροφα παρατηρείται ελάχιστη βροχόπτωση την καλοκαιρινή περίοδο.

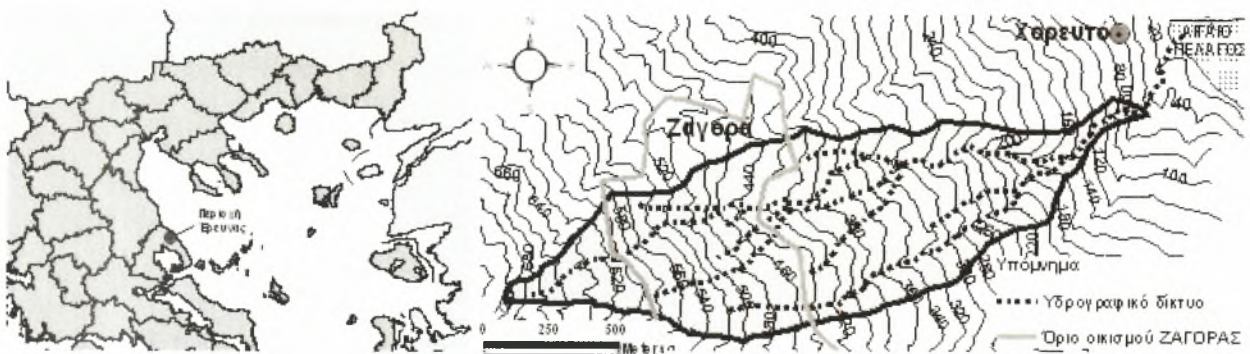
Οι ακραίες τιμές της απορροής αποτελούν τη βάση για τον υπολογισμό των διαστάσεων των διαφόρων έργων και κατασκευών για την αντιμετώπιση προβλημάτων της αειφορικής υδάτινης οικονομίας. Ως ακραίες τιμές απορροής χαρακτηρίζονται οι στιγμιαίες απορροές με πολύ μεγάλο μέγεθος που σχηματίζονται αιφνίδια σε μια βροχόπτωση. Ακόμα μέγιστες απορροές μετρούνται σε περίπτωση που οι βροχοπτώσεις δίνουν ακραίες τιμές παροχής οι οποίες ονομάζονται πλημμυρογενείς απορροές.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός του χειμαρρικού περιβάλλοντος της λεκάνης απορροής του χειμαρρικού ρεύματος «Γεραμπίνη» Ζαγοράς, καθώς και ο προσδιορισμός του πλημμυρογραφήματος της βροχόπτωσης της 7^{ης} Δεκεμβρίου του 2002.

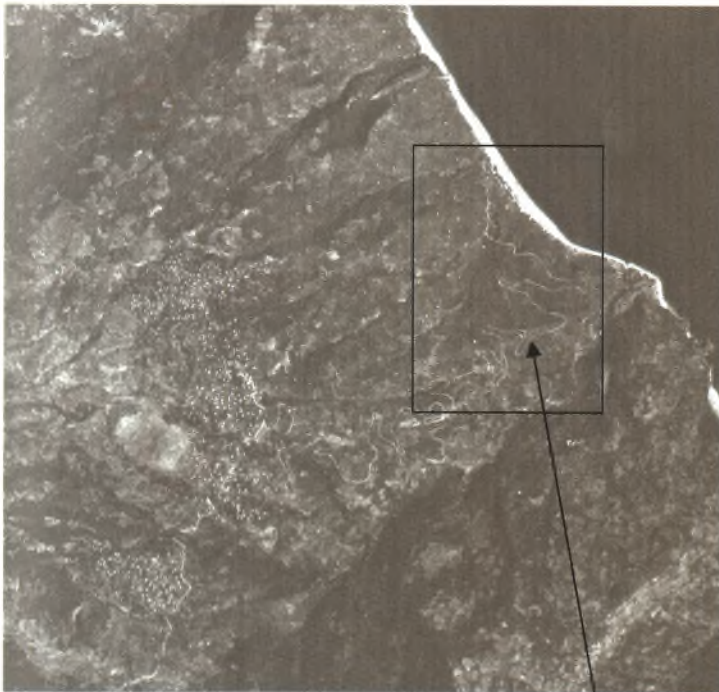
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Χωροθέτηση της περιοχής έρευνας

Ο χείμαρρος «Γεραμπίνη» εντοπίζεται στο Β.Α. τμήμα του Πηλίου, στην ευρύτερη περιοχή της Ζαγοράς. Ο οικισμός της Ζαγοράς καταλαμβάνει ένα σημαντικό τμήμα της λεκάνης απορροής του ρεύματος, ενώ στην έξοδο του στη θάλασσα αναπτύσσεται η κοινότητα του Χορευτού.



Εικόνα 1. Περιοχή έρευνας



Εικόνα 2. Αεροφωτογραφία περιοχής έρευνας (Γεραμπίνη)

3. Μέθοδος έρευνας

Λεκάνης απορροής – χειμαρρικό περιβάλλον

Για την επίτευξη του σκοπού της έρευνάς μας εργασθήκαμε ως εξής:

Με την βοήθεια του τοπογραφικού χάρτη της ΓΥΣ κλίμακας 1:50000 (φύλλο Ζαγορά) οριοθετήθηκε η λεκάνη απορροής του ρεύματος Γεραμπίνη με τη χάραξη του υδροκρίτη.

Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν τα μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά του ρεύματος καθώς και το χειμαρρικό περιβάλλον αυτού. Για το σκοπό αυτό προσδιορίστηκαν τα κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής, το είδος της φυτοκάλυψης, το είδος των πετρωμάτων και τέλος τα χαρακτηριστικά της αναγλύφου όψεως.

3.1 Απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης

Η S.C.S. περιγράφει την σχέση βροχής- απορροής με την μορφή:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I}$$

F: πραγματική συγκράτηση υγρασίας από το έδαφος=(P-I)-Q

S: η μέγιστη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας του εδάφους ή αποθηκευτικότητα

Q: ο όγκος απορροής

P: ο όγκος της βροχόπτωσης

I: αρχική συγκράτηση υγρασίας

$$Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I) + S}$$

Η αρχική συγκράτηση υγρασίας I = 0,2 S (S.C.S. από βιβλιογραφία)

$$Q \leftrightarrow P_e \text{ ισοδύναμη απορροϊκή βροχόπτωση } P_e = \frac{(P - 0,25)^2}{(P - I) + 0,85}$$

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254$$

$P=1$ (λόγω του μοναδιαίου υδρογραφήματος)

Απορροϊκός συντελεστής CN

Ο δείκτης CN εκφράζει ουσιαστικά τις συνολικές απώλειες της βροχόπτωσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του περισσεύματος βροχής από μια δεδομένη βροχόπτωση, δηλαδή της επιφανειακής απορροής (Τσακίρης 1995). Ο δείκτης αυτός διαφοροποιείται ανάλογα με τον υδρολογικό τύπο του εδάφους και την χρήση γης. Η εύρεση CN γίνεται για κάθε μια από τις πολλές μικρές υποπεριοχές που συνιστούν την υδρολογική λεκάνη. Οι τιμές που προκύπτουν είναι από τον πίνακα Wanielista ο οποίος θεωρείται αντιπροσωπευτικότερος για τις Ελληνικές συνθήκες. Από τους παρακάτω πίνακες προσδιορίζουμε τον CN_2 ανάλογα με την βλάστηση και την κατάσταση του εδάφους.

<u>Είδος επιφάνειας</u>	<u>C</u>
<i>Ασφαλτόστρωτες και τσιμεντόστρωτες επιφάνειες.</i>	<i>0,90-0,95</i>
<i>Αμμοχαλικόστρωτες επιφάνειες.</i>	<i>0,40-0,80</i>
<i>Σκυρόστρωτες επιφάνειες.</i>	<i>0,30-0,70</i>
<i>Φυσικά διαπερατά εδάφη, με μικρή κλίση και πυκνή φυτοκάλυψη από χαμηλά φυτά.</i>	<i>0,10-0,30</i>
<i>Φυσικά διαπερατά εδάφη, με μεγάλη κλίση και αραιή φυτοκάλυψη από χαμηλά φυτά.</i>	<i>0,30-0,70</i>
<i>Δασωμένες εκτάσεις.</i>	<i>0,05-0,30</i>
<i>Επιφάνειες με βράχους.</i>	<i>0,30-0,80</i>

Πίνακας 5. Είδος επιφάνειας

<u>Είδος και κατάσταση εδάφους</u>	<u>C</u>
	<i>(ανάλογα με την κλίση)</i>
<i>Συνεκτικά εδάφη χωρίς καλλιέργεια.</i>	<i>0,40-0,65</i>
<i>Συνεκτικά εδάφη με καλλιέργεια.</i>	<i>0,30-0,55</i>
<i>Μέσα εδάφη χωρίς καλλιέργεια.</i>	<i>0,15-0,40</i>
<i>Μέσα εδάφη με καλλιέργεια.</i>	<i>0,10-0,30</i>
<i>Ελαφρά εδάφη χωρίς καλλιέργεια.</i>	<i>0,05-0,20</i>
<i>Ελαφρά εδάφη με καλλιέργεια.</i>	<i>0,00-0,10</i>

Πίνακας 6 Είδος και κατάσταση εδάφους

<u>Είδος επιφάνειας</u>	<u>C</u>
Σχετικά επίπεδες επιφάνειες, αδιαπέρατες στο νερό σε ποσοστό $\leq 30\%$ λόγω κατασκευής δρόμων, σπιτιών κλπ.	0,40
Κατοικημένες περιοχές, σχετικά επικλινείς, αδιαπέρατες στο νερό σε ποσοστό=50%	0,65
Κατοικημένες περιοχές, σχετικά επικλινείς, αδιαπέρατες στο νερό σε ποσοστό=70%	0,80

Πίνακας 7 Είδος επιφάνειας

<u>Είδος επιφάνειας</u>	<u>Μήκος διαδρομής</u>	<u>t_c (min)</u>
Καλά συμπιεσμένη επιφάνεια.	30-150	3-15
Γομνή γαιώδης επιφάνεια.	30-150	5-25
Γαιώδες επιφάνειες με χλόη.	30-150	8-40
Γαιώδες επιφάνειες με πυκνή φυτοκάλυψη.	30-180	10-60

Πίνακας 8 είδος επιφάνειας

Ο CN_2 βάση των παραπάνω πινάκων προκύπτει ίσος με 73. Για τις συνθήκες των πλημμυρικών απορροών η εκτίμηση της αποθήκευσης S γίνεται με την βοήθεια του απορροϊκού συντελεστή CN (Cuvre Number) που αντιστοιχεί σε υγρασιακή κατάσταση τύπου CN_3 και υπολογίζεται ως συνάρτηση του CN_2 . Η σχέση που μας δίνει την συνάρτηση του CN_2 με το CN_3 είναι:

$$CN_3 = \frac{CN_2}{0,4036 + 0,0059 * CN_2}$$

3.2 Προσδιορισμός πλημμυρογραφήματος

Για τον προσδιορισμό του πλημμυρογραφήματος χρησιμοποιείται η μέθοδος του Μοναδιαίου υδρογραφήματος. Αφού προσδιοριστεί το Μοναδιαίο υδρογράφημα και το αντίστοιχο απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης με το ίδιο χρονικό βήμα προκύπτει το υδρογράφημα της βροχόπτωσης.

3.3 Μοναδιαίο υδρογράφημα

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία (SIERRA NEVADA, S.C.S) το αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα είναι το υδρογράφημα της άμεσης απορροής που προκαλείται από απορροϊκή βροχή ύψους ίσου με την μονάδα (στο δεκαδικό σύστημα ύψους ίσου με 1cm) που είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε όλη την έκταση της υδρολογικής λεκάνης και έχει ομοιόμορφη ένταση κατά την διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Δηλαδή το μοναδιαίο υδρογράφημα είναι ένα διάγραμμα της άμεσης απορροής, που προκαλείται από απορροϊκή βροχή ύψους ίσου με την μονάδα.

Η θεωρία του μοναδιαίου υδρογραφήματος στηρίζεται σε τέσσερα κριτήρια:

1. Σε μία συγκεκριμένη υδρολογική λεκάνη, βροχές ίσης διάρκειας που προκαλούν απορροή, δίνουν υδρογραφήματα άμεσης απορροής με την ίδια περίπου χρονική βάση, ανεξάρτητα από την ένταση της βροχής.
2. Σε μια συγκεκριμένη υδρολογική λεκάνη, το μέγεθος της στιγμιαίας άμεσης απορροής σε οποιοδήποτε χρόνο κατά τη διάρκεια του φαινομένου είναι ένα συγκεκριμένο ποσοστό του ολικού μεγέθους της άμεσης απορροής που προκαλείται από βροχές που έχουν την ίδια διάρκεια.
3. Σε μια δεδομένη υδρολογική λεκάνη, η άμεση απορροή που προκαλείται από μια συγκεκριμένη βροχή είναι ανεξάρτητη από βροχές που έπεσαν πριν ή μετά από αυτήν την βροχή.
4. Η κατάσταση της υδρολογικής λεκάνης παραμένει αμετάβλητη σε σχέση με τον χρόνο.

Ωστόσο τα παραπάνω κριτήρια κατά προσέγγιση ικανοποιούνται από τις φυσικές υδρολογικές λεκάνες. Έτσι με την παραδοχή ότι διαλέξαμε μια βροχή με σημαντική ένταση, ομοιόμορφα κατανεμημένη πάνω στην υδρολογική λεκάνη και με διάρκεια αντιπροσωπευτική για την λεκάνη σύμφωνα με αυτά που λέχθηκαν προηγούμενα, η διαδικασία για τη διερεύνηση του μοναδιαίου υδρογραφήματος ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

- Το συνολικό υδρογράφημα που έδωσε η βροχή χωρίζεται σε άμεση και βασική απορροή.
- Σχεδιάζεται το υδρογράφημα της άμεσης απορροής.
- Υπολογίζεται ο συνολικός όγκος της άμεσης απορροής, που στη συνέχεια εκφράζεται σε μονάδες πάχους υδάτινου στρώματος με βάση την έκταση της υδρολογικής λεκάνης. Σαν μονάδα πάχους παίρνεται το 1cm.
- Διαιρούνται οι τεταγμένες του υδρογραφήματος της άμεσης απορροής με το αντίστοιχο ισοδύναμο πάχος της, όπως υπολογίστηκε στο προηγούμενο στάδιο. Τα μεγέθη που θα προκύψουν από την διαδικασία αυτήν αποτελούν τις τεταγμένες του μοναδιαίου υδρογραφήματος, το οποίο και σχεδιάζεται.
- Προσδιορίζεται η διάρκεια της απορροϊκής βροχής, που σε μέγεθος, κατά τα γνωστά, είναι ίση με την άμεση απορροή.

Με την μέθοδο αυτή θεμελιώνεται τελικά ένα υδρολογικό σύστημα θεώρησης των σχέσεων κατακρημνισμάτων και απορροής. Το ομοίωμα αυτό, το οποίο ενδιαφέρεται για τις γενικές διαδικασίες μεταξύ των διαφόρων φυσικών παραγόντων, χωρίς να υπεισέρχεται σε διαδικαστικές λεπτομέρειες, θεμελιώνεται στις εξής γενικές φάσεις:

προσαγωγή → μεταφορά → εξαγωγή

Όπου η προσαγωγή και η εξαγωγή αναφέρονται σε ύλη, ενέργεια ή και πληροφορία. Η παραγωγική διαδικασία γίνεται κατά τη μεταφορά δια μέσου ενός μηχανισμού, μιας εγκατάστασης ή μιας άλλης διαδικασίας με τρόπο πραγματικό ή ιδεατό.

Με βάση τα παραπάνω, η μέθοδος του μοναδιαίου υδρογραφήματος στηρίζεται στη μέτρηση ενός προσαγόμενου μεγέθους, δηλ. των κατακρημνισμάτων και ενός εξαγόμενου, δηλ. της απορροής και προσπαθεί να προσδιορίσει τη διαδικασία μεταφοράς από το ένα στο άλλο, δηλαδή το μοναδιαίο υδρογράφημα. Η σχέση αυτή, εφόσον προσδιοριστεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόγνωση μελλοντικών απορροών χωρίς να είναι ανάγκη να παρθούν υπόψη και οι εσωτερικές διαδικασίες.

Ακόμα πρέπει να ακολουθεί τις ακόλουθες υποθέσεις:



1. η διαδικασία της μεταφοράς στο υδρολογικό σύστημα, δηλαδή του μετασχηματισμού της βροχής σε απορροή μέσω της λεκάνης απορροής, είναι κι παραμένει γραμμική.
2. η διαδικασία της μεταφοράς του συστήματος παραμένει χρονικά αμετάβλητη, δηλαδή η απάντηση σε συγκεκριμένη προσαγωγή, όπως στην απορροϊκή βροχή, είναι ανεξάρτητη από το χρονικό σημείο που βρίσκεται. Επομένως ο χρόνος συγκέντρωσης παραμένει σταθερός.

Αυτό προϋποθέτει ότι ο χαρακτήρας της λεκάνης απορροής δεν μεταβάλλεται από ανθρωπογενείς ή φυσικές επιδράσεις.

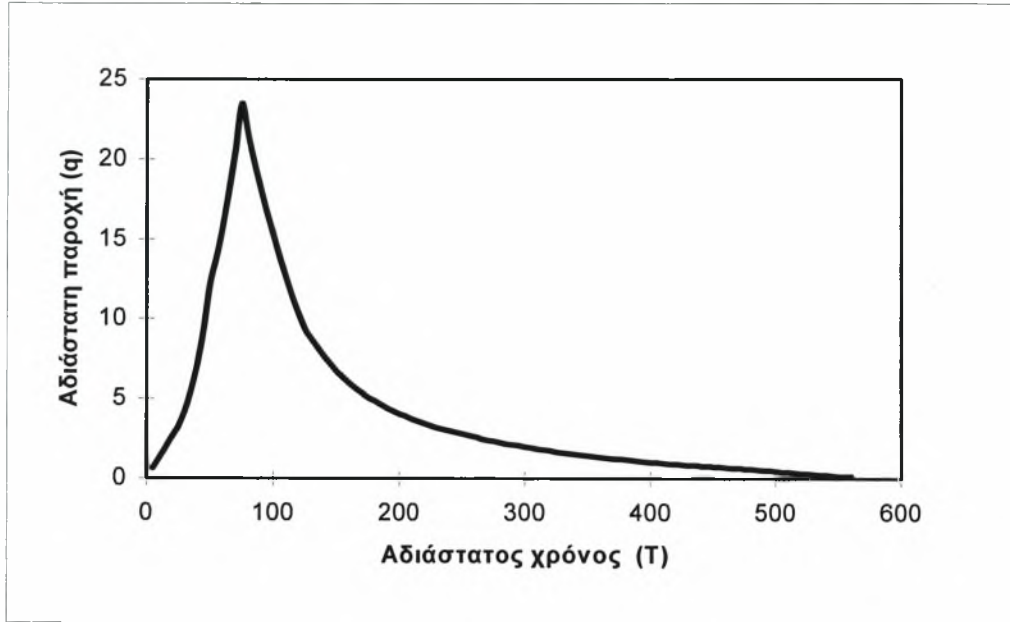
3.3.1 Μέθοδος Sierra Nevada, Design of small dams

Ο προσδιορισμός του μοναδιαίου υδρογραφήματος προϋποθέτει την ύπαρξη μετρήσεων των κατακρημνισμάτων και της απορροής. Τέτοιες μετρήσεις όμως δεν υπάρχουν πάντοτε. Γι' αυτό δημιουργείται η ανάγκη να αναπτυχθούν μέθοδοι προσδιορισμού του μοναδιαίου υδρογραφήματος με τη βοήθεια άλλων στοιχείων και ιδίως των γεωμετρικών στοιχείων της λεκάνης απορροής. Έτσι κατασκευάζονται τα συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα. Για το υπολογισμό του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (απορροϊκή βροχόπτωση 1mm ή 1cm) ακολουθείτε η εξής διαδικασία.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τα δεδομένα με τα οποία σχηματίζεται το επόμενο διάγραμμα.

Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα της Sierra Nevada

$T=L_g+D/2$ (%)	q	$T=L_g+D/2$ (%)	q
5	0,65	155	6,33
10	1,30	160	5,99
15	1,95	165	5,67
20	2,60	170	5,36
25	3,25	175	5,07
30	4,23	180	4,85
35	5,51	185	4,63
40	7,17	190	4,43
45	9,34	195	4,24
50	12,17	200	4,06
55	13,88	205	3,89
60	15,83	210	3,73
65	18,05	215	3,58
70	20,59	220	3,44
75	23,48	225	3,30
80	21,54	230	3,18
85	19,77	235	3,08
90	18,13	240	2,98
95	16,63	245	2,88
100	15,26	250	2,79
105	13,83	255	2,69
110	12,53	260	2,60
115	11,36	265	2,50
120	10,29	270	2,41
125	9,33	275	2,30
130	8,73	280	2,26
135	8,17	285	2,18
140	7,65	290	2,11
145	7,15	295	2,05
150	6,69	300	1,98



Διάγραμμα 1: Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα της Sierra Nevada.

Εκτίμηση πλημμυρογραφήματων με την βοήθεια του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της Sierra Nevada.

Τα συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα των λεκανών απορροής μέγεθος του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της Sierra Nevada δίνονται από το Design of small dams (NSDI 1987).

Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή ο χρόνος υστέρησης του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος σε ώρες είναι:

$$Lg = 0,1776 * C \left(\frac{L * Lc}{\sqrt{s}} \right)^N$$

C: σταθερά = 26 Kn (Kn συντελεστής Manning= 0,12)

L: μέγιστο μήκος διαδρομής σε Km (του κυρίως ρεύματος)

Lc: μήκος του κυρίως ρεύματος από την έξοδο της λεκάνης μέχρι την προβολή του κέντρου βάρους της λεκάνης πάνω στο κυρίως ρεύμα σε Km.

S: κλίση του ρεύματος σε m/m (εφαπτομένη γωνίας)

N:σταθερά=0,33

Αδιάρκεια της μοναδιαίας βροχής D από την οποία προέρχεται το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα.

$$D = \frac{Lg}{5,5}$$

Η τετμημένη του συνθετικού υπολογίζεται:

$$Tm = \frac{T}{100} * \left(Lg + \frac{D}{2} \right)$$

όπου

tm : χρόνος του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (ώρες)

T : παίρνεται από πίνακα (USDI (1987))

Lg: χρόνος υστέρησης συνθετικού του μοναδιαίου υδρογραφήματος (ώρες)

D: διάρκεια της μοναδιαίας βροχόπτωσης (ώρες)

$$D = \frac{Lg}{5,5}$$

Η τεταγμένη του συνθετικού μοναδιαίου η οποία προέρχεται από απορροϊκή βροχόπτωση 1mm.

Υπολογίζεται ως εξής:

$$Q = 0,01157 * \left(\frac{A * q}{Lg + \frac{D}{2}} \right)$$

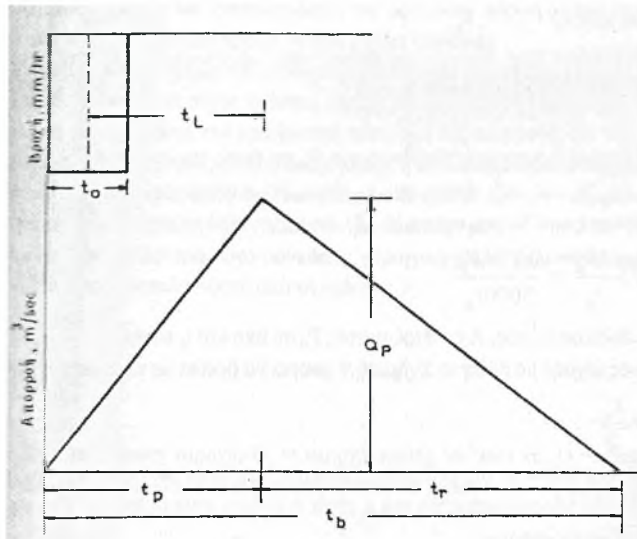
Q: παροχή του συνθετικού m³/sec

A: έκταση λεκάνης απορροής Km²

q : αδιάστατη παροχή από πίνακα

3.3.2 Μέθοδος της S.C.S., Soil Conservation Service

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε και χρησιμοποιείται από το Αμερικάνικο Υπουργείο Γεωργίας (1957), βασίζεται σε μια διαπίστωση ότι ένα υδρογράφημα θα μπορούσε να αντιπροσωπευθεί γεωμετρικά από ένα τρίγωνο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Διάγραμμα 2. Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα της S.C.S.

Σύμφωνα με την μέθοδο Snyder ο χρόνος υστέρησης δίνεται από την σχέση

$$t_L = C_1 * (L * L_{ca})^{0,3}$$

t_L : ο χρόνος υστέρησης ή επιβράδυνσης στη λεκάνη απορροής, δηλαδή η χρονική διαφορά μεταξύ του κέντρου βάρους των κατακρημνισμάτων και της αιχμής της απορροής (h).

L: μήκος κυρίου ρεύματος από την πύλη εξόδου της λεκάνης μέχρι τον υδροκρίτη της λεκάνης (km).

L_{ca} : απόσταση από την πύλη της λεκάνης μέχρι το σημείο του κεντρικού ρεύματος, που αντιστοιχεί στο κέντρο βάρους της λεκάνης, δηλαδή που βρίσκεται εγγύτερα σε αυτό (km).

$C_1 = 1,33$ (μόνο για απότομες κλίσεις).

Βασικός χρόνος (χρονική βάση) υδρογραφήματος:

$$t_B = 3 + (t_L/8)$$

t_B : βασικός χρόνος (h)

$$t_A = \frac{t_N}{2} + t_L$$

$$t_R = 1,67 * t_A$$

t_A : περίοδος ανόδου (h)

t_L : ο χρόνος υστέρησης ή επιβράδυνσης στη λεκάνη απορροής, δηλαδή η χρονική διαφορά μεταξύ του κέντρου βάρους των κατακρημνισμάτων και της αιχμής της απορροής (h).

t_R : περίοδος καθόδου (h)

Με βάση τα μεγέθη, που προσδιορίζονται με τις παραπάνω εξισώσεις, κατασκευάζεται στη συνέχεια το υδρογράφημα με το μοναδιαίο περιεχόμενο, φροντίζοντας, ώστε το εμβαδόν της επιφάνειας, το οποίο περικλείεται από την καμπύλη του υδρογραφήματος που σχεδιάζουμε, να ισούται με 1 cm άμεσης απορροής για την λεκάνη που μελετούμε.

$$Q_S = 2,08 \frac{F_E * h_N}{t_a}$$

Q_S : απορροή αιχμής του μοναδιαίου υδρογραφήματος (m^3/s).

F_E : επιφάνεια της λεκάνης απορροής (km^2).

h_N : το ύψος απορροής της λεκάνης (cm).

t_a : περίοδος ανόδου (h).

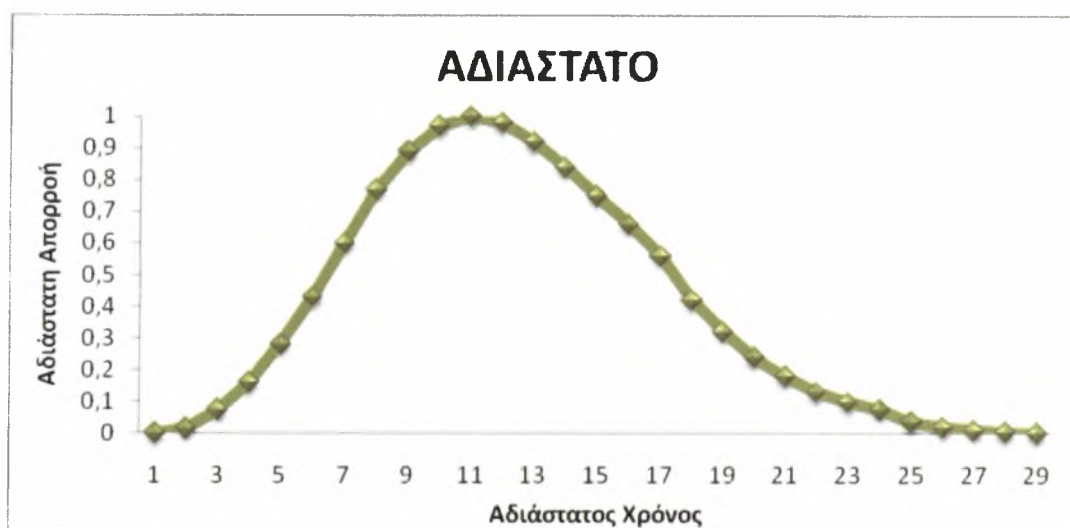
Από τα δεδομένα του Q_S και t_a μπορεί να κατασκευαστεί ένα αδιάστατο υδρογράφημα με τη βοήθεια των αδιάστατων παραστάσεων που δίνονται στον ακόλουθο πίνακα .

Αδιάστατος		Αδιάστατη		Αδιάστατος		Αδιάστατη	
Χρόνος	t_a	Απορροή	Q_d	Χρόνος	t_a	Απορροή	Q_d
0		0		1,4		0,75	
0,1		0,015		1,5		0,66	
0,2		0,075		1,6		0,56	
0,3		0,16		1,8		0,42	
0,4		0,28		2		0,32	
0,5		0,43		2,2		0,24	
0,6		0,6		2,4		0,18	
0,7		0,77		2,6		0,13	

0,8	0,89	2,8	0,098
0,9	0,97	3	0,075
1	1	3,5	0,036
1,1	0,98	4	0,018
1,2	0,92	4,5	0,009
1,3	0,84	5	0,004
		∞	0

Πίνακας 1. Τιμές Αδιάστατου μοναδιαίου υδρογραφήματος

Έτσι σε μια ορισμένη λεκάνη απορροής, εάν υπολογιστεί το μέγεθος της αιχμής της απορροής, που προκύπτει από μια απορροϊκή βροχή ύψους 1 cm και διάρκεια t_N και ο χρόνος της αιχμής με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων μπορούμε να κατασκευάσουμε αμέσως το αδιάστατο, μοναδιαίο υδρογράφημα.



Διάγραμμα 3. Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα

4. Αποτελέσματα

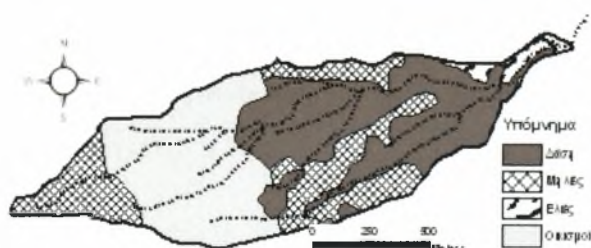
4.1 Μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά του χειμάρρου Γεραμπίνη Παρουσίαση των στοιχείων συνοπτικά

A/A	<u>Χαρακτηριστικά</u>	
1	Έκταση Λεκάνης Απορροής (E)	1,06 Km ²
2	Μήκος Υδροκρίτη (U)	5,51 Km
3	Βαθμός Στρογγυλομορφίας (B)	0,19 Km
4	Μέση Κλίση Λεκάνης (J _l)	33,28 %
5	Ελάχιστο Υψόμετρο (H _{min})	44,00 m
6	Μέγιστο Υψόμετρο (H _{max})	720,00 m
7	Μέσο Υψόμετρο (H _{med})	399,00 m
8	Μέγιστο Ανάγλυφο (H _r)	676,00 m
9	Μήκος Κεντρικής Κοίτης (L)	2,91 Km
10	Μέση Κλίση Κοίτης (J _k)	25,20 %
11	Πυκνότητα Υδρογραφικού Δικτύου (D)	7,15 Km ⁻¹

Πίνακας 2. Τα μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά του χειμάρρου Γεραμπίνη

4.2 Η βλάστηση στην περιοχή του Γεραμπίνη:

Ολόκληρη σχεδόν η υδροσυλλεκτήρια λεκάνη του χειμάρρου Γεραμπίνη, αν εξαιρέσουμε την έκταση που καταλαμβάνει ο οικιστικός χώρος της Ζαγοράς, καλύπτεται από δενδροκομικές καλλιέργειες σε ποσοστό 60%, μηλιές, αχλαδιές, ελιές και φουντουκιές, ενώ το υπόλοιπο καλύπτεται από καρυδιές, πλατάνια, φράξο, γαύρο και οστρά, τα οποία αναπτύσσονται σε επικλινείς θέσεις της λεκάνης.



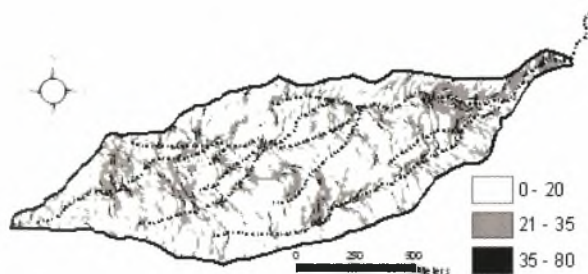
Σχήμα 2. Κατανομή της βλάστησης στη λεκάνη απορροής



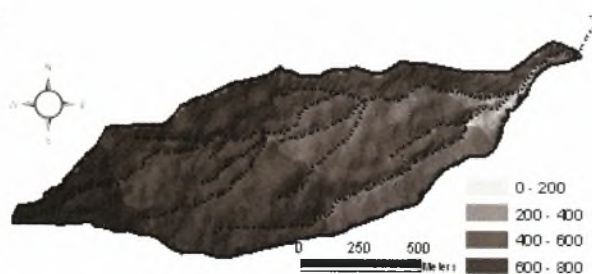
Εικόνα 3. Βλάστηση της περιοχής

4.3 Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής:

Στην περιοχή έρευνας πραγματοποιήθηκαν τρεις εδαφοτομές, σε αντιπροσωπευτικές θέσεις ως προς το είδος βλάστησης και τις μορφές ανάγλυφου. Από τις αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων προέκυψαν τα εξής: τα εδάφη στην περιοχή χαρακτηρίζονται από πηλώδη υφή και όξινη αντίδραση. Το βάθος του εδάφους εμφανίζεται από μετρίως βαθύ έως βαθύ και με μητρικό πέτρωμα συχνά έντονα αποσαθρωμένο. Αποτέλεσμα αυτών είναι, ότι εννοείται η παρουσία της βλάστησης, αλλά και η εμφάνιση των φαινομένων της διάβρωσης, της ολίσθησης και της γεωκατακρήμνισης.



Σχήμα 3. Επικρατούσες κλίσεις στη λεκάνη απορροής του ρεύματος Γεραμπίνη Ζαγοράς.



Σχήμα 4. Κατανομή των βαθμίδων υψομέτρου στην περιοχή έρευνας.

4.4 Το κλίμα της περιοχής έρευνας

Το κλίμα και ιδιαίτερα τα διάφορου τύπου κατακρημνίσματα είναι το κυρίαρχο στοιχείο, για την εκδήλωση των πλημμυρικών φαινομένων. Στην περιοχή έρευνας λειτουργεί ένας σταθμός, στη Ζαγορά, ο οποίος ελέγχεται από το Κέντρο Προστασίας Φυτών Βόλου. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές τις βροχόπτωσης. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει, ότι η περιοχή δέχεται αξιοσημείωτες βροχοπτώσεις, σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στις 4 και 5 Νοεμβρίου του έτους 1986 κατέπεσαν 888 mm βροχής και συνολικά για το μήνα Νοέμβριο 986 mm. Επίσης το Νοέμβριο του 1979 καταγράφηκαν 800 mm βροχής. Οι βροχοπτώσεις αυτές συνοδεύτηκαν από έντονα πλημμυρικά φαινόμενα.

Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm)

Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Έτος
200,6	314,4	131,6	111,7	75,1	42,5	32,5	50,9	81,8	240,8	292,6	249,2	1823,6

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Οι μέσες μηνιαίες ποσότητες βροχοπτώσεων σε mm στο σταθμό της Ζαγοράς.

4.5 Το ανάγλυφο της περιοχής αναφοράς

Επειδή οι κλίσεις που επικρατούν στις επιφάνειες των λεκανών απορροής του χειμάρρου παρουσιάζουν έντονες εναλλαγές, υπολογίζουμε μια μέση κλίση. Η κλίση αυτή της λεκάνης αποτελεί ένα δείκτη για το δυναμικό της περιοχής. Για τον χειμάρρο Γεραμπίνη η μέση κλίση είναι περίπου ίση με 33,28 % και σύμφωνα με τον κανονισμό εκπόνησης μελετών διευθέτησης των χειμαρρικών ρευμάτων του υπουργείου Γεωργίας, το ρεύμα κατατάσσεται στη κατηγορία των “λίαν επικλινών” εδαφών. Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται ως έντονο, με αποτέλεσμα την

ταχύτατη απορροή των επιφανειακών υδάτων και τη δημιουργία έντονων πλημμυρικών φαινομένων.

4.6 Χειμαρρικό περιβάλλον

Από την ανάλυση των παραπάνω παραγόντων προκύπτει ότι στην περιοχή της Ζαγοράς καταγράφονται σημαντικές βροχοπτώσεις οι οποίες δημιουργούν έντονα πλημμυρικά φαινόμενα. Η περιορισμένη παρουσία της βλάστησης σε συνδυασμό με τα ευδιάβρωτα πετρώματα της περιοχής συντελούν και στην εμφάνιση έντονης στερεομεταφοράς. Οι μεγάλες κλίσεις που επικρατούν αμβλύνουν το πρόβλημα.

4.7 Παρουσίαση βροχής

Στον πίνακα παρουσιάζεται η εξέλιξη της βροχής ως προς την ένταση της παροχής. Έτσι παρατηρούμε ότι η βροχόπτωση ξεκινά στις 7/12/2002 και ώρα 2:00 το πρωί. Βλέπουμε ομαλή εξέλιξη της έντασης μέχρι στις 11:00, αφού η ένταση εκτινάσσεται στην παροχή των 34 mm και μετά από 2 ώρες παρουσιάζει ύφεση μέχρι στις 19:00 που και πάλι υπάρχει έντονο το φαινόμενο της βροχόπτωσης. Από τη χρονική στιγμή 4:00 της 8/12/2002 η πορεία της βροχής συνεχώς ελαττώνεται μέχρι και το τέλος της που είναι στις 1:00 και ημερομηνία 10/12/2002. Σε όλο το φάσμα από 4:00, 8/12/2002 έως 1:00, 10/12/2002 υπάρχουν αυξομειώσεις μικρής κλίμακας.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗ
7/12/2002	2:00	0,4
7/12/2002	3:00	5,6
7/12/2002	4:00	2,4
7/12/2002	5:00	1
7/12/2002	6:00	0,8
7/12/2002	7:00	0
7/12/2002	8:00	0
7/12/2002	9:00	0,2
7/12/2002	10:00	3,2
7/12/2002	11:00	4
7/12/2002	12:00	34
7/12/2002	13:00	27
7/12/2002	14:00	14,6
7/12/2002	15:00	1,2
7/12/2002	16:00	0
7/12/2002	17:00	0
7/12/2002	18:00	0
7/12/2002	19:00	10,8
7/12/2002	20:00	18,8
7/12/2002	21:00	31,4
7/12/2002	22:00	9,8
7/12/2002	23:00	19,8
7/12/2002	24:00:00	21,8
8/12/2002	1:00	8,6
8/12/2002	2:00	13,2
8/12/2002	3:00	15,6
8/12/2002	4:00	8
8/12/2002	5:00	4,8
8/12/2002	6:00	2,8
8/12/2002	7:00	2
8/12/2002	8:00	1,2
8/12/2002	9:00	1
8/12/2002	10:00	0,6
8/12/2002	11:00	1,2
8/12/2002	12:00	1,2

8/12/2002	13:00	1,8
8/12/2002	15:00	1,2
8/12/2002	16:00	2
8/12/2002	17:00	2,6
8/12/2002	18:00	1,6
8/12/2002	19:00	1,4
8/12/2002	20:00	1,8
8/12/2002	21:00	2,2
8/12/2002	22:00	2
8/12/2002	23:00	1,2
8/12/2002	24:00:00	0,8
9/12/2002	1:00	2,4
9/12/2002	2:00	4,4
9/12/2002	3:00	0,2
9/12/2002	4:00	2,4
9/12/2002	5:00	2,8
9/12/2002	6:00	2
9/12/2002	7:00	0,2
9/12/2002	8:00	0,4
9/12/2002	9:00	2,8
9/12/2002	10:00	2,6
9/12/2002	11:00	0,8
9/12/2002	12:00	0,2
9/12/2002	13:00	0,8
9/12/2002	14:00	0,2
9/12/2002	15:00	0
9/12/2002	16:00	0
9/12/2002	17:00	0
9/12/2002	18:00	0
9/12/2002	19:00	0
9/12/2002	20:00	0
9/12/2002	21:00	0
9/12/2002	22:00	0
9/12/2002	23:00	0,2
9/12/2002	24:00:00	0,4
10/12/2002	1:00	0,2

Πίνακας 4. Παρουσίαση της βροχής

4.8 Απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης

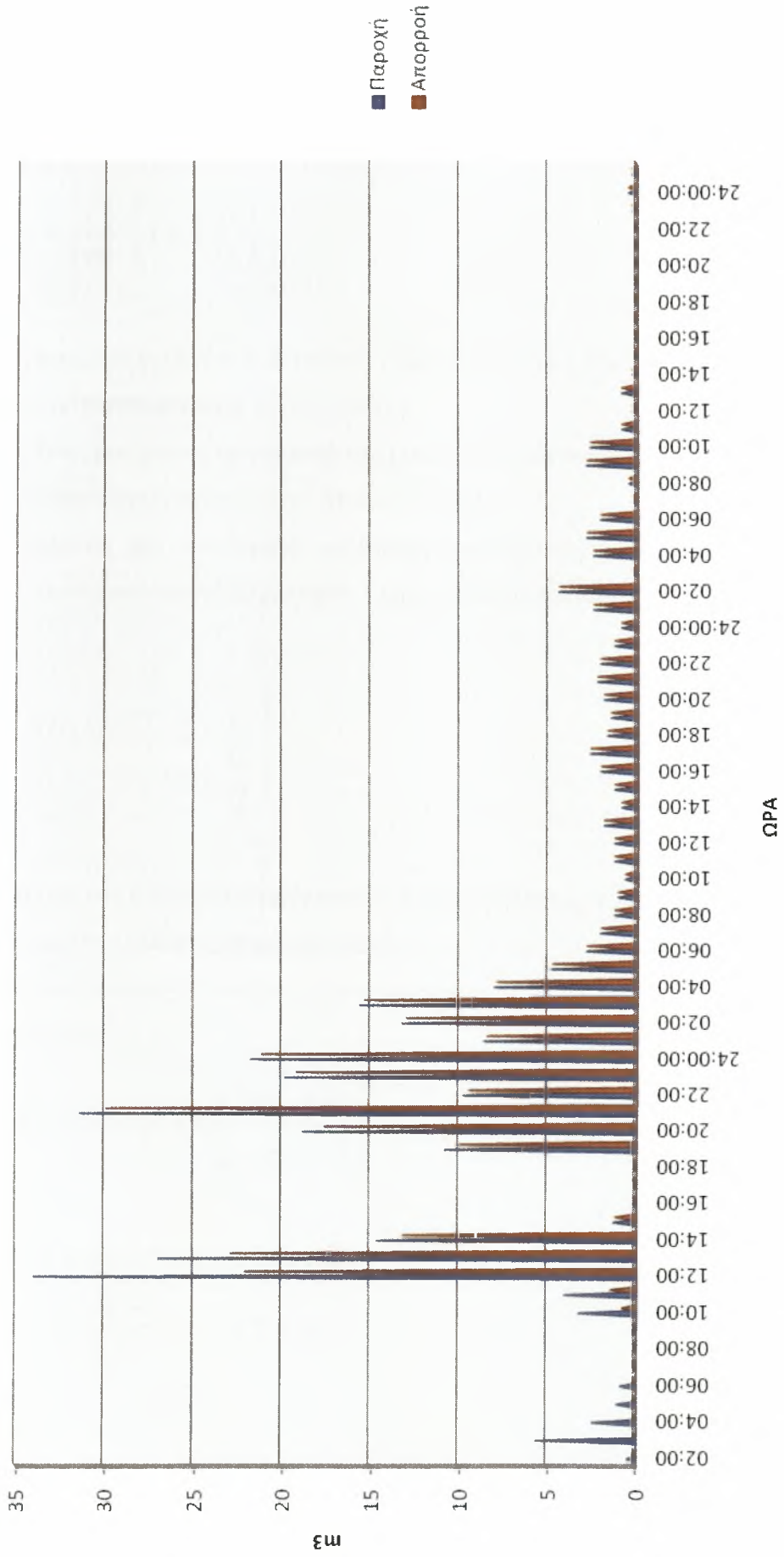
A/A	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	P	Αθροιστικό ύψος βροχής	(P-I)	(P-I) ²	(P-I+S)	Q (παροχή)	(απορροή)
1	7/12/2002	02:00	0,4	0,4	0,00	0,00	36,30	0,0000	0,0000
2	7/12/2002	03:00	5,6	6	0,00	0,00	36,30	0,0000	0,0000
3	7/12/2002	04:00	2,4	8,4	1,14	1,30	37,44	0,0347	0,0347
4	7/12/2002	05:00	1	9,4	2,14	4,58	38,44	0,1191	0,0844
5	7/12/2002	06:00	0,8	10,2	2,94	8,64	39,24	0,2203	0,1011
6	7/12/2002	07:00	0	10,2	2,94	8,64	39,24	0,2203	0,0000
7	7/12/2002	08:00	0	10,2	2,94	8,64	39,24	0,2203	0,0000
8	7/12/2002	09:00	0,2	10,4	3,14	9,86	39,44	0,2500	0,0297
9	7/12/2002	10:00	3,2	13,6	6,34	40,20	42,64	0,9427	0,6927
10	7/12/2002	11:00	4	17,6	10,34	106,92	46,64	2,2924	1,3497
11	7/12/2002	12:00	34	51,6	44,34	1966,04	80,64	24,3804	22,0880
12	7/12/2002	13:00	27	78,6	71,34	5089,40	107,64	47,2816	22,9012
13	7/12/2002	14:00	14,6	93,2	85,94	7385,68	122,24	60,4195	13,1379
14	7/12/2002	15:00	1,2	94,4	87,14	7593,38	123,44	61,5147	1,0952
15	7/12/2002	16:00	0	94,4	87,14	7593,38	123,44	61,5147	0,0000
16	7/12/2002	17:00	0	94,4	87,14	7593,38	123,44	61,5147	0,0000
17	7/12/2002	18:00	0	94,4	87,14	7593,38	123,44	61,5147	0,0000

18	7/12/2002	19:00	10,8	105,2	97,94	9592,24	134,24	71,4559	9,9412
19	7/12/2002	20:00	18,8	124	116,74	13628,23	153,04	89,0501	17,5942
20	7/12/2002	21:00	31,4	155,4	148,14	21945,46	184,44	118,9843	29,9342
21	7/12/2002	22:00	9,8	165,2	157,94	24945,04	194,24	128,4238	9,4395
22	7/12/2002	23:00	19,8	185	177,74	31591,51	214,04	147,5963	19,1725
23	7/12/2002	24:00:00	21,8	206,8	199,54	39816,21	235,84	168,8272	21,2309
24	8/12/2002	01:00	8,6	215,4	208,14	43322,26	244,44	177,2306	8,4034
25	8/12/2002	02:00	13,2	228,6	221,34	48991,40	257,64	190,1545	12,9238
26	8/12/2002	03:00	15,6	244,2	236,94	56140,56	273,24	205,4625	15,3080
27	8/12/2002	04:00	8	252,2	244,94	59995,60	281,24	213,3253	7,8628
28	8/12/2002	05:00	4,8	257	249,74	62370,07	286,04	218,0467	4,7214
29	8/12/2002	06:00	2,8	259,8	252,54	63776,45	288,84	220,8020	2,7553
30	8/12/2002	07:00	2	261,8	254,54	64790,61	290,84	222,7706	1,9686
31	8/12/2002	08:00	1,2	263	255,74	65402,95	292,04	223,9520	1,1814
32	8/12/2002	09:00	1	264	256,74	65915,43	293,04	224,9366	0,9846
33	8/12/2002	10:00	0,6	264,6	257,34	66223,88	293,64	225,5274	0,5908
34	8/12/2002	11:00	1,2	265,8	258,54	66842,93	294,84	226,7092	1,1817
35	8/12/2002	12:00	1,2	267	259,74	67464,87	296,04	227,8911	1,1819
36	8/12/2002	13:00	1,8	268,8	261,54	68403,17	297,84	229,6642	1,7731
37	8/12/2002	14:00	0,8	269,6	262,34	68822,28	298,64	230,4523	0,7881

38	8/12/2002	15:00	1,2	270,8	263,54	69453,33	299,84	231,6346	1,1823
39	8/12/2002	16:00	2	272,8	265,54	70511,49	301,84	233,6055	1,9709
40	8/12/2002	17:00	2,6	275,4	268,14	71899,06	304,44	236,1682	2,5627
41	8/12/2002	18:00	1,6	277	269,74	72759,67	306,04	237,7456	1,5774
42	8/12/2002	19:00	1,4	278,4	271,14	73516,90	307,44	239,1260	1,3804
43	8/12/2002	20:00	1,8	280,2	272,94	74496,24	309,24	240,9011	1,7751
44	8/12/2002	21:00	2,2	282,4	275,14	75702,02	311,44	243,0710	2,1699
45	8/12/2002	22:00	2	284,4	277,14	76806,58	313,44	245,0440	1,9730
46	8/12/2002	23:00	1,2	285,6	278,34	77473,16	314,64	246,2279	1,1840
47	8/12/2002	24:00:00	0,8	286,4	279,14	77919,14	315,44	247,0173	0,7894
48	9/12/2002	01:00	2,4	288,8	281,54	79264,77	317,84	249,3858	2,3685
49	9/12/2002	02:00	4,4	293,2	285,94	81761,68	322,24	253,7292	4,3434
50	9/12/2002	03:00	0,2	293,4	286,14	81876,10	322,44	253,9266	0,1975
51	9/12/2002	04:00	2,4	295,8	288,54	83255,33	324,84	256,2964	2,3698
52	9/12/2002	05:00	2,8	298,6	291,34	84879,00	327,64	259,0618	2,7653
53	9/12/2002	06:00	2	300,6	293,34	86048,36	329,64	261,0374	1,9756
54	9/12/2002	07:00	0,2	300,8	293,54	86165,73	329,84	261,2349	0,1976
55	9/12/2002	08:00	0,4	301,2	293,94	86400,72	330,24	261,6301	0,3952
56	9/12/2002	09:00	2,8	304	296,74	88054,63	333,04	264,3966	2,7665
57	9/12/2002	10:00	2,6	306,6	299,34	89604,44	335,64	266,9659	2,5694

58	9/12/2002	11:00	0,8	307,4	300,14	90084,02	336,44	267,7566	0,7907
59	9/12/2002	12:00	0,2	307,6	300,34	90204,12	336,64	267,9542	0,1977
60	9/12/2002	13:00	0,8	308,4	301,14	90685,30	337,44	268,7450	0,7907
61	9/12/2002	14:00	0,2	308,6	301,34	90805,80	337,64	268,9426	0,1977
62	9/12/2002	15:00	0	308,6	301,34	90805,80	337,64	268,9426	0,0000
63	9/12/2002	16:00	0	308,6	301,34	90805,80	337,64	268,9426	0,0000
64	9/12/2002	17:00	0	308,6	301,34	90805,80	337,64	268,9426	0,0000
65	9/12/2002	18:00	0	308,6	301,34	90805,80	337,64	268,9426	0,0000
66	9/12/2002	19:00	0	308,6	301,34	90805,80	337,64	268,9426	0,0000
67	9/12/2002	20:00	0	308,6	301,34	90805,80	337,64	268,9426	0,0000
68	9/12/2002	21:00	0	308,6	301,34	90805,80	337,64	268,9426	0,0000
69	9/12/2002	22:00	0	308,6	301,34	90805,80	337,64	268,9426	0,0000
70	9/12/2002	23:00	0,2	308,8	301,54	90926,37	337,84	269,1403	0,1977
71	9/12/2002	24:00:00	0,4	309,2	301,94	91167,76	338,24	269,5357	0,3954
72	10/12/2002	01:00	0,2	309,4	302,14	91288,58	338,44	269,7334	0,1977
			309,4						269,7334

Απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης



4.9 Μέθοδος της περιοχής Sierra Nevada (Design of small dams)

Για τον υπολογισμό του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος το οποίο προκαλείται από απορροϊκή βροχόπτωση 1 mm ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Η τετμημένη του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (χρόνος) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_m = \frac{T}{100} \cdot \left(Lg + \frac{D}{2} \right)$$

όπου:

t_m : χρόνος του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (ώρες)

T : παίρνεται από πίνακα (USDI (1987))

Lg : χρόνος υστέρησης συνθετικού του μοναδιαίου υδρογραφήματος (ώρες)

D : διάρκεια της μοναδιαίας βροχόπτωσης (ώρες)

Η τεταγμένη του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (παροχή), η οποία προέρχεται από απορροϊκή βροχόπτωση 1 mm υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = 0,01157 \cdot \left(\frac{A \cdot q}{Lg + \frac{D}{2}} \right)$$

όπου:

Q : παροχή του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (m^3/sec)

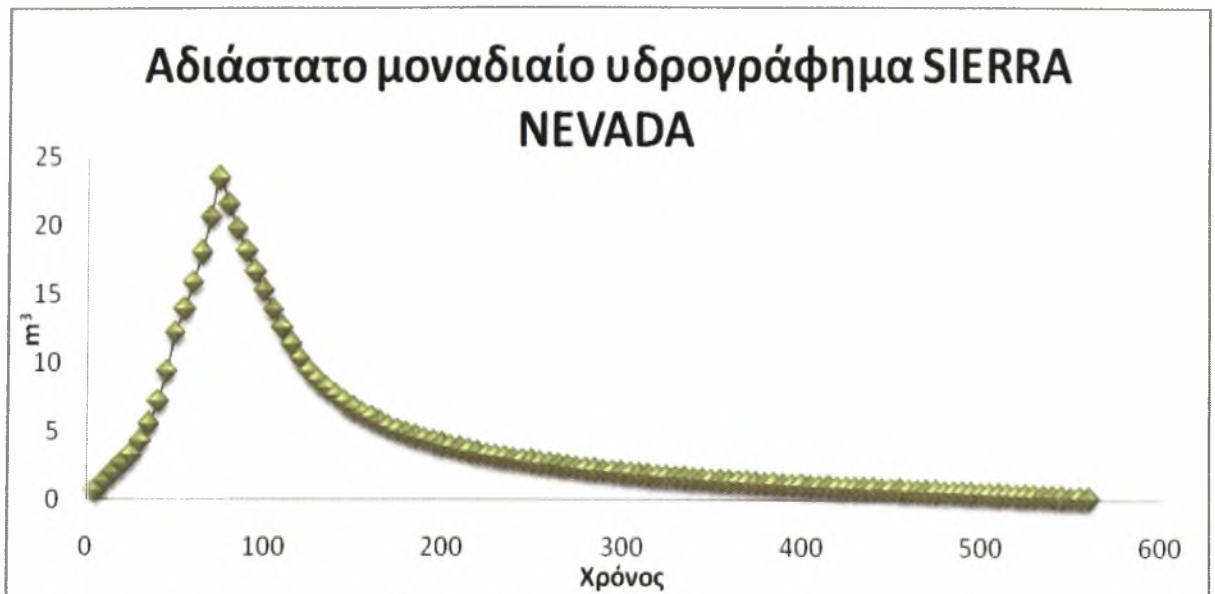
A : έκταση της λεκάνης απορροής (Km^2)

q : αδιάστατη παροχή, λαμβάνεται από πίνακα απορροϊκής

$$Lg = 0,1776 \cdot 3,12 \left[\frac{2,91 \cdot 1,56}{\sqrt{0,25}} \right]^{0,33} = 1,147501 \text{ ώρες}$$

Διάρκεια μοναδιαίας βροχόπτωσης

$$D = \frac{1,147501}{5,5} = 0,208 \text{ ώρες}$$

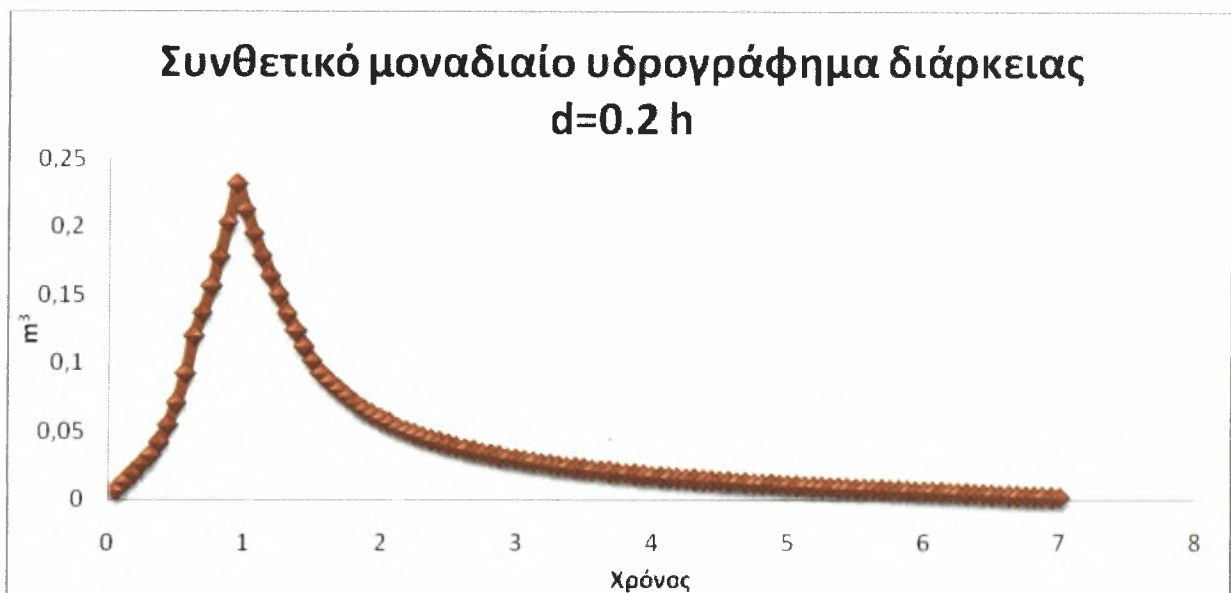


Χρόνος του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος

$$t_m = \frac{T}{100} \cdot \left(1,147 + \frac{0,208}{2} \right) = 0,01251T$$

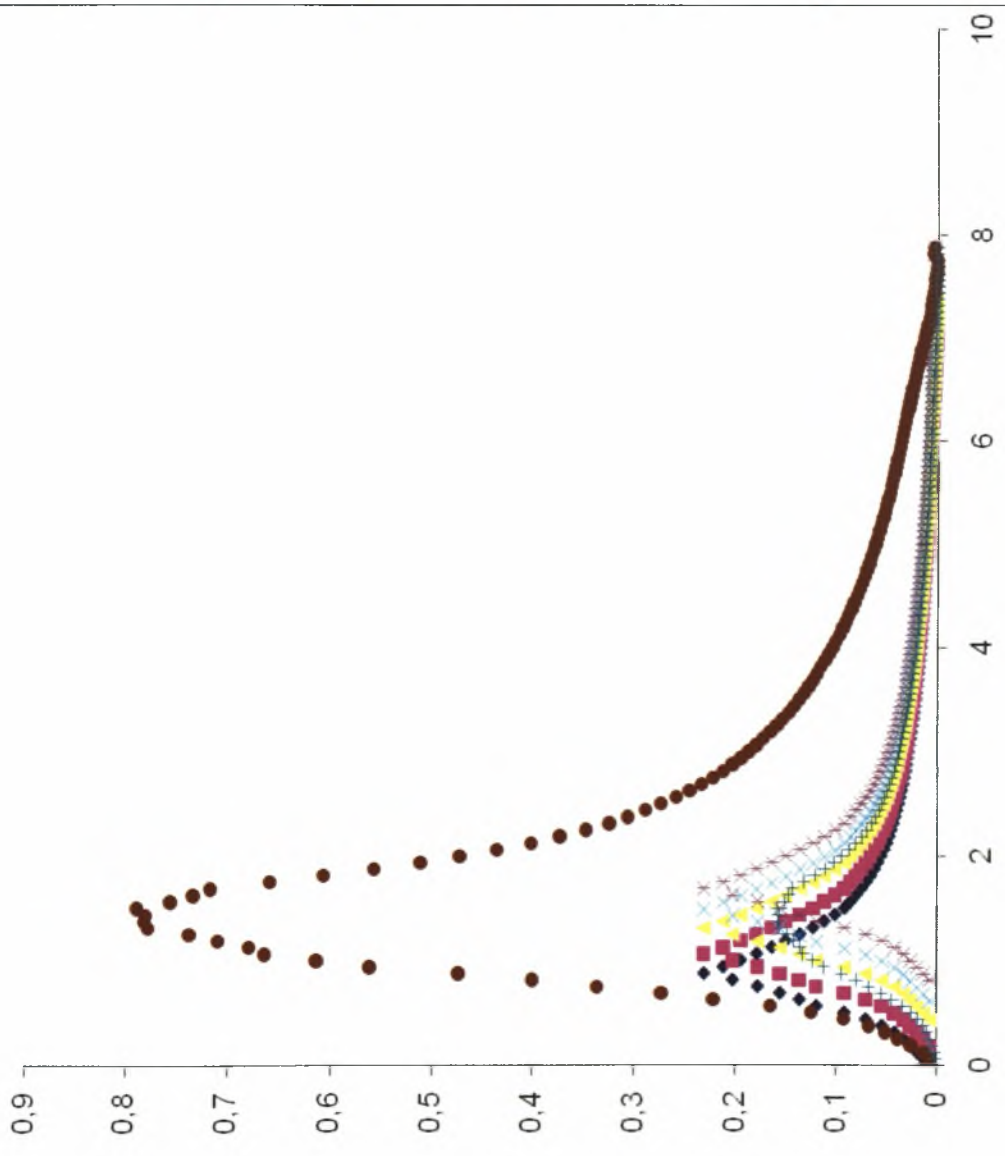
Παροχή του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος

$$Q = 0,01157 \cdot \left(\frac{1,06 \cdot q}{1,147 + \frac{0,208}{2}} \right) = 0,009804q$$



C=26*Kn= 3,12	ΩPA	Βροχή P	Χρόνος T tm	Παροχή Q Qm			Imm			
S= 0,25	1	0,4								
N= 0,33	2	5,6	0,0625635	0,006391343			0,00639	0,00128		
L= 2,91	3	2,4	0,125127	0,012782685			0,01278	0,00256		
L _c = 1,56	4	1	0,1876905	0,019174028	0,00639		0,02557	0,00511		
	5	0,8	0,250254	0,025565371	0,01278		0,03835	0,00767		
Lg= 1,14727	6	0	0,3128175	0,031956713	0,01917		0,05113	0,01023		
D= 0,20859	7	0	0,375381	0,041592892	0,02557		0,06716	0,01343		
	8	0,2	0,4379445	0,05417892	0,03196	0,00639	0,09253	0,01851		
	9	3,2	0,500508	0,070501426	0,04159	0,01278	0,12488	0,02498		
	10	4	0,5630715	0,091838678	0,05418	0,01917	0,16519	0,03304		
	11	34	0,625635	0,119665601	0,0705	0,02557	0,00639	0,22212	0,04442	
	12	27	0,6881985	0,136479749	0,09184	0,03196	0,01278	0,27306	0,05461	
	13	14,6	0,750762	0,155653777	0,11967	0,04159	0,01917	0,33609	0,06722	
	14	1,2	0,8133255	0,17748267	0,13648	0,05418	0,02557	0,00639	0,4001	0,08002
	15	0	0,875889	0,202458071	0,15565	0,0705	0,03196	0,01278	0,47335	0,09467
	16	0	0,9384525	0,230874964	0,17748	0,09184	0,04159	0,01917	0,56096	0,11219
	17	0	1,001016	0,211799264	0,20246	0,11967	0,05418	0,02557	0,61367	0,12273
	18	10,8	1,0635795	0,194395146	0,23087	0,13648	0,0705	0,03196	0,66421	0,13284
	19	18,8	1,126143	0,178269297	0,2118	0,15565	0,09184	0,04159	0,67915	0,13583
	20	31,4	1,1887065	0,163520045	0,1944	0,17748	0,11967	0,05418	0,70924	0,14185
	21	9,8	1,25127	0,150049061	0,17827	0,20246	0,13648	0,0705	0,73776	0,14755
	22	19,8	1,3138335	0,135988107	0,16352	0,23087	0,15565	0,09184	0,77788	0,15558
	23	21,8	1,376397	0,123205421	0,15005	0,2118	0,17748	0,11967	0,7822	0,15644
	24	8,6	1,4389605	0,111701005	0,13599	0,1944	0,20246	0,13648	0,78102	0,1562
	25	13,2	1,501524	0,101179871	0,12321	0,17827	0,23087	0,15565	0,78918	0,15784

Το βήμα των βροχογραφημάτων που χρησιμοποιούνται είναι 1 ώρα και η διάρκεια του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος είναι ακέραιο υποπολλαπλάσιο της 1 ώρας (0,2 h) χρησιμοποιείται αυτούσιο, αλλιώς θα χρησιμοποιούσαμε την καμπύλη S.



◆ Συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα διάρκειας 0.2h μετατοπισμένα κατά 0.2h

■ Συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα διάρκειας 0.2h μετατοπισμένα κατά 0.2h

▲ Συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα διάρκειας 0.2h μετατοπισμένα κατά 0.2h

× Συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα διάρκειας 0.2h μετατοπισμένα κατά 0.2h

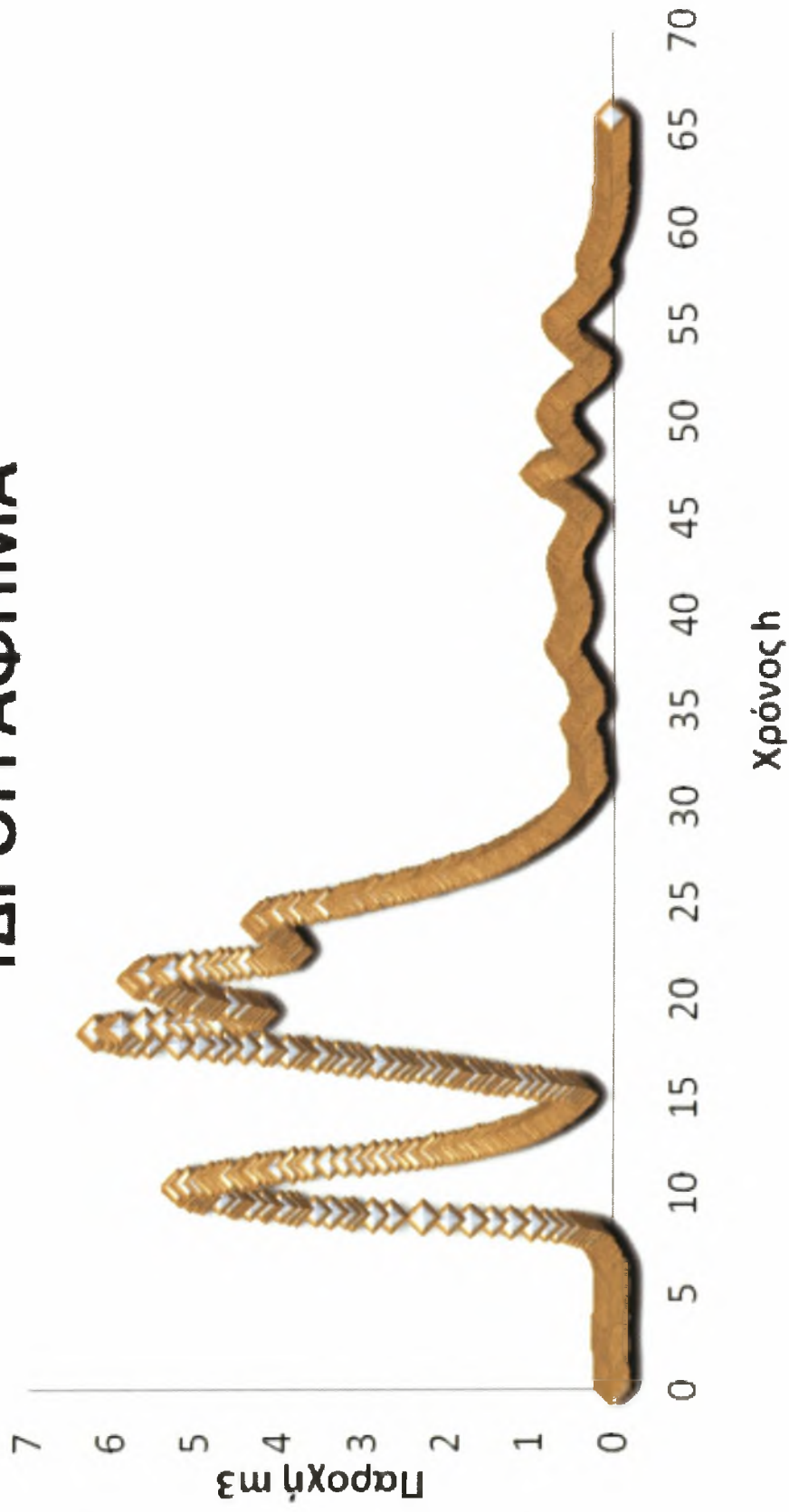
* Συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα διάρκειας 0.2h μετατοπισμένα κατά 0.2h

● Συνθετικό υδρογράφημα διάρκειας 1h και απορροϊκού υψους βροχής 5mm

+ Συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα 1h

Χρόνος	Αθροισμα βροχής	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
0.06256	4.44E-05	0,034712	0,034712	0,084425	0,101139	0	0	0,029715	0,692684	1,349685	22,08804	
0.12513	8.87E-05	Χρόνος 1 mm										
0.18769	0.000177	0,062564	0,001278	4,44E-05								
0.25025	0.000266	0,125127	0,002557	8,87E-05								
0.31282	0.000355	0,187691	0,005113	0,000177								
0.37538	0.000466	0,250254	0,00767	0,000266								
0.43795	0.000642	0,312818	0,010226	0,000355								
0.50051	0.000867	0,375381	0,013432	0,000466								
0.56307	0.001147	0,437945	0,018505	0,000642								
0.62564	0.001542	0,500508	0,024975	0,000867								
0.6882	0.001896	0,563072	0,033038	0,001147								
0.75076	0.002333	0,625635	0,044425	0,001542								
0.81333	0.002778	0,688199	0,054612	0,001896								
0.87589	0.003286	0,750762	0,067217	0,002333								
0.93845	0.003894	0,813326	0,08002	0,002778								
1.00102	0.004368	0,875889	0,094671	0,003286								
1.06358	0.004827	0,938453	0,112193	0,003894								
1.12614	0.005147	1,001016	0,122733	0,00426	0,000108							
1.18871	0.005571	1,06358	0,132842	0,004611	0,000216							
1.25127	0.005985	1,126143	0,135831	0,004715	0,000432							
1.31383	0.006534	1,188707	0,141848	0,004924	0,000648							
1.3764	0.006993	1,25127	0,147552	0,005122	0,000863							
1.43896	0.007531	1,313834	0,155575	0,0054	0,001134							
1.50152	0.008268	1,376397	0,15644	0,00543	0,001562							
1.56409	0.009001	1,438961	0,156204	0,005422	0,002109							
1.62665	0.009706	1,501524	0,157837	0,005479	0,002789							
		1,564088	0,151249	0,00525	0,003751							
		1,626651	0,146785	0,005095	0,004611							
		1,689215	0,143441	0,004979	0,005675							
		1,751778	0,131917	0,004579	0,006756							
		1,814342	0,121357	0,004213	0,007993							
		1,876905	0,111288	0,003863	0,009472							
		1,939469	0,102202	0,003548	0,010362							
		2,002032	0,094454	0,003279	0,011215	0,000129						
		2,064596	0,087099	0,003023	0,011468	0,000259						
		2,127159	0,080354	0,002789	0,011976	0,000517						
		2,189723	0,07469	0,002593	0,012457	0,000776						
		2,252286	0,069538	0,002414	0,013134	0,001034						
		2,31485	0,064916	0,002253	0,013207	0,001358						
		2,377413	0,061259	0,002126	0,013188	0,001872						
		2,439977	0,057817	0,002007	0,013325	0,002526						

ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ



4.10 Μέθοδος της S.C.S.

t_L : ο χρόνος υστέρησης ή επιβράδυνσης στη λεκάνη απορροής, δηλαδή η χρονική διαφορά μεταξύ του κέντρου βάρους των κατακρημνισμάτων και της αιχμής της απορροής (h).

$$t_L = C_1 * (L * L_{ca})^{0,3}$$

L: μήκος κυρίου ρεύματος από την πύλη εξόδου της λεκάνης μέχρι τον υδροκρίτη της λεκάνης (km).

L_{ca} : απόσταση από την πύλη της λεκάνης μέχρι το σημείο του κεντρικού ρεύματος, που αντιστοιχεί στο κέντρο βάρους της λεκάνης, δηλαδή που βρίσκεται εγγύτερα σε αυτό (km).

$C_1 = 1,33$ (μόνο για απότομες κλίσεις).

Η παροχή δίνεται από τον τύπο:

$$Q_s = 2,08 \frac{F_E * h_N}{t_a}$$

Q_s : απορροή αιχμής του μοναδιαίου υδρογραφήματος (m^3/s).

F_E : επιφάνεια της λεκάνης απορροής (km^2).

h_N : το ύψος απορροής της λεκάνης (cm).

t_a : περίοδος ανόδου (h).

Από τις παραπάνω αντικαταστάσεις των στοιχείων στους τύπους εξάγουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 9. Αποτελέσματα επεξεργασίας

$C_1 =$	1,8	
L =	2,91	km
$L_{ca} =$	1,56	km
$t_L =$	2,1424	h
$t_A =$	2,6424	h
$t_R =$	4,4128	h
$Q_s =$	0,83439	m^3
$t_N =$	1	h
$F_E =$	1,06	km^2
$h_N =$	1	cm

Αρχικά ορίζεται ο πίνακας που φτιάχνεται το διάγραμμα ως εξής:

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
0	0
t_A	Q_s
t_A+t_R	0

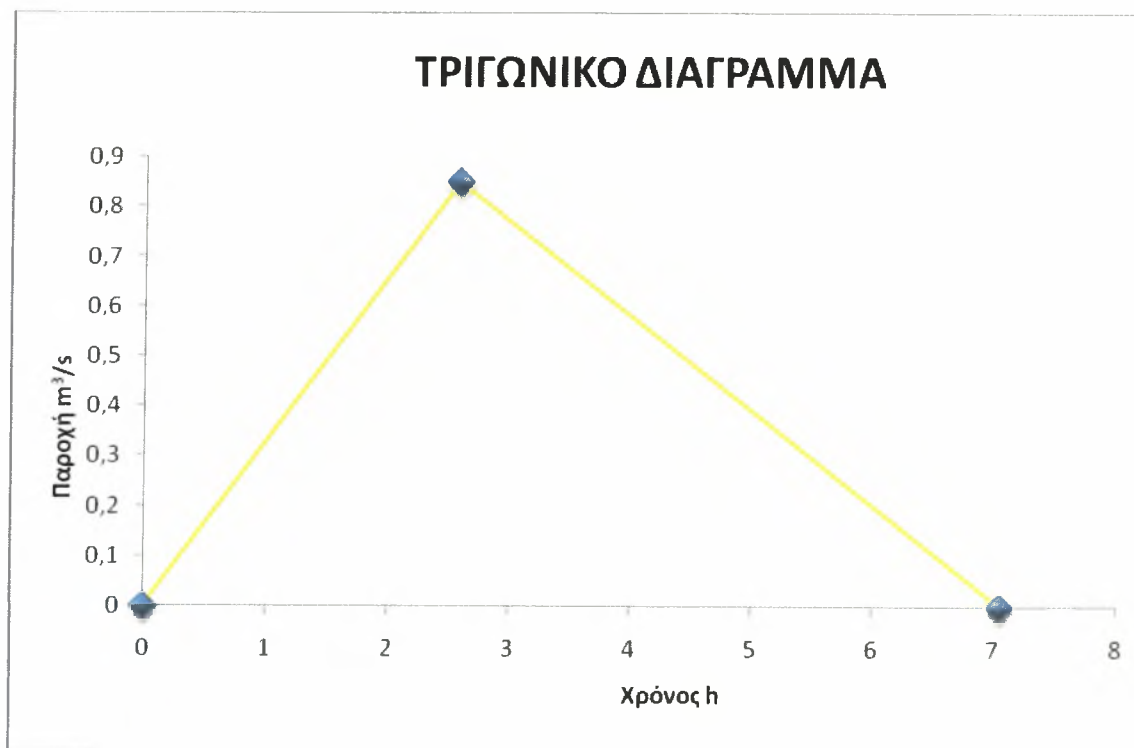
Πίνακας 10. Σημεία κατασκευής διαγράμματος

Από τις παραπάνω τιμές φτιάχνεται το παρακάτω διάγραμμα:

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	
0	0
2,5939	0,85
7,0552	0

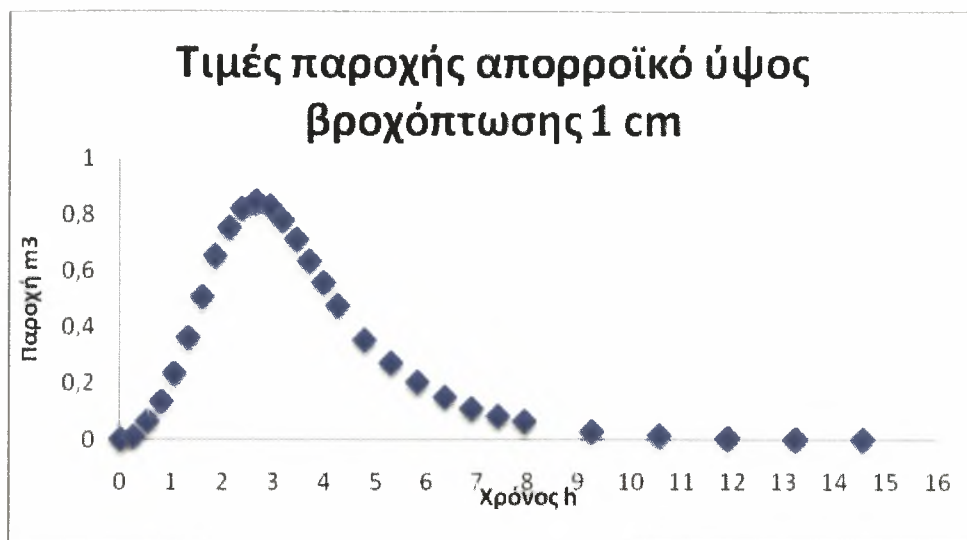
Πίνακας 11. Τιμές κατασκευής διαγράμματος

Με αυτές τις τιμές εξάγουμε το παρακάτω διάγραμμα:



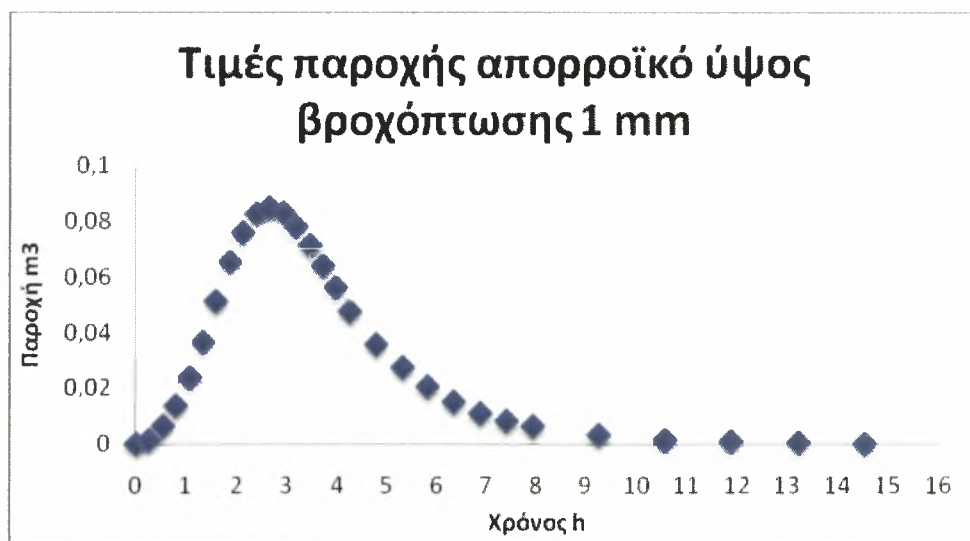
Αδιάστατος Χρόνος td	td * tA	Αδιάστατη Απορροή Qd	Τιμές παροχής από απορροϊκό ύψος βροχόπτωσης 1 cm
0	0	0	0
0,1	0,26424	0,015	0,01275
0,2	0,52848	0,075	0,06375
0,3	0,79272	0,16	0,136
0,4	1,05696	0,28	0,238
0,5	1,3212	0,43	0,3655
0,6	1,58544	0,6	0,51
0,7	1,84968	0,77	0,6545
0,8	2,11392	0,89	0,7565
0,9	2,37816	0,97	0,8245
1	2,6424	1	0,85
1,1	2,90664	0,98	0,833
1,2	3,17088	0,92	0,782
1,3	3,43512	0,84	0,714
1,4	3,69936	0,75	0,6375
1,5	3,9636	0,66	0,561
1,6	4,22784	0,56	0,476
1,8	4,75632	0,42	0,357
2	5,2848	0,32	0,272
2,2	5,81328	0,24	0,204
2,4	6,34176	0,18	0,153
2,6	6,87024	0,13	0,1105
2,8	7,39872	0,098	0,0833
3	7,9272	0,075	0,06375
3,5	9,2484	0,036	0,0306
4	10,5696	0,018	0,0153
4,5	11,8908	0,009	0,00765
5	13,212	0,004	0,0034
5,5	14,5332	0	0

Με τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα σχηματίζεται το ακόλουθο διάγραμμα.



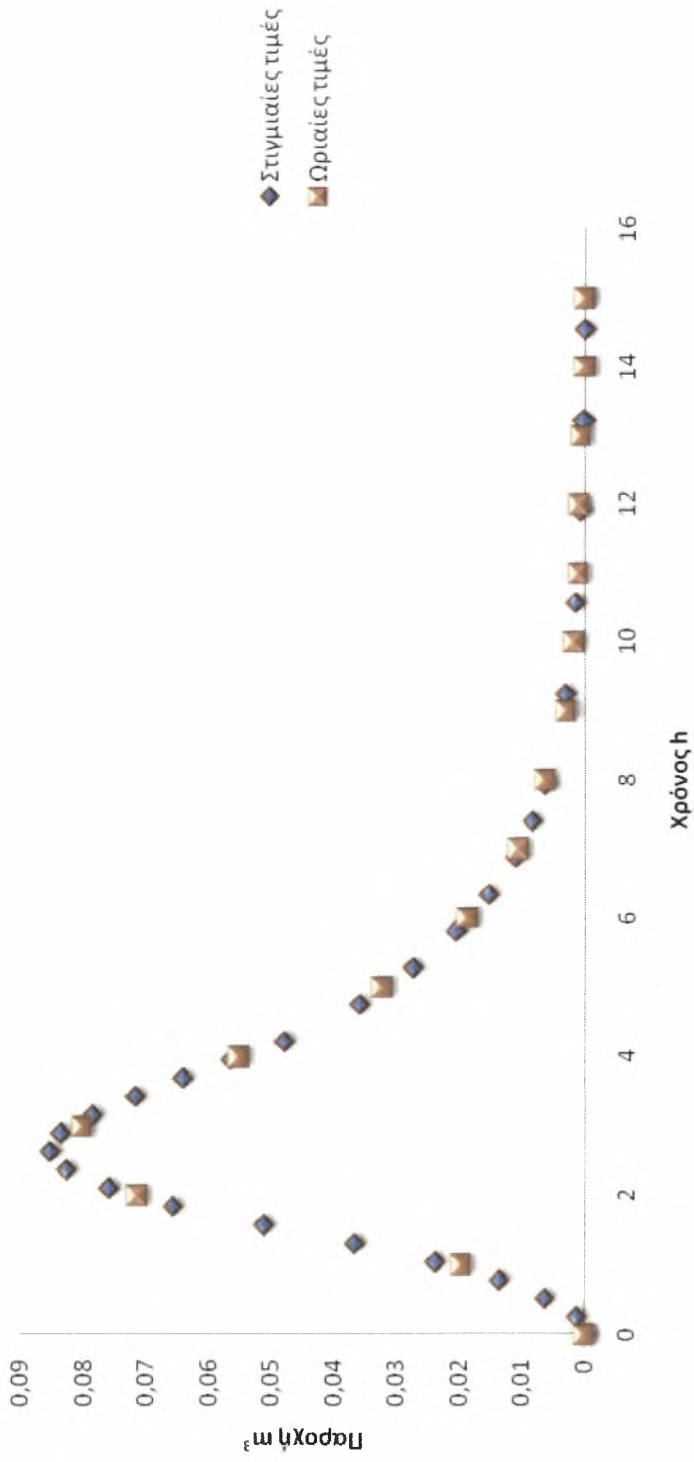
Επειδή για την σύγκριση της βροχόπτωσης χρειάζεται να έχει μετατραπεί σε mm βροχής και όχι σε cm, διαιρούμε με το 10.

Έτσι εξάγεται το παρακάτω διάγραμμα:



Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται με ρόζ οι τιμές τις παροχής που αντιστοιχούν σε ακέραιες ώρες και με μπλέ εμφανίζεται το προηγούμενο διάγραμμα. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω της παρεμβολής που έγινε στο ήδη υπάρχον διάγραμμα.

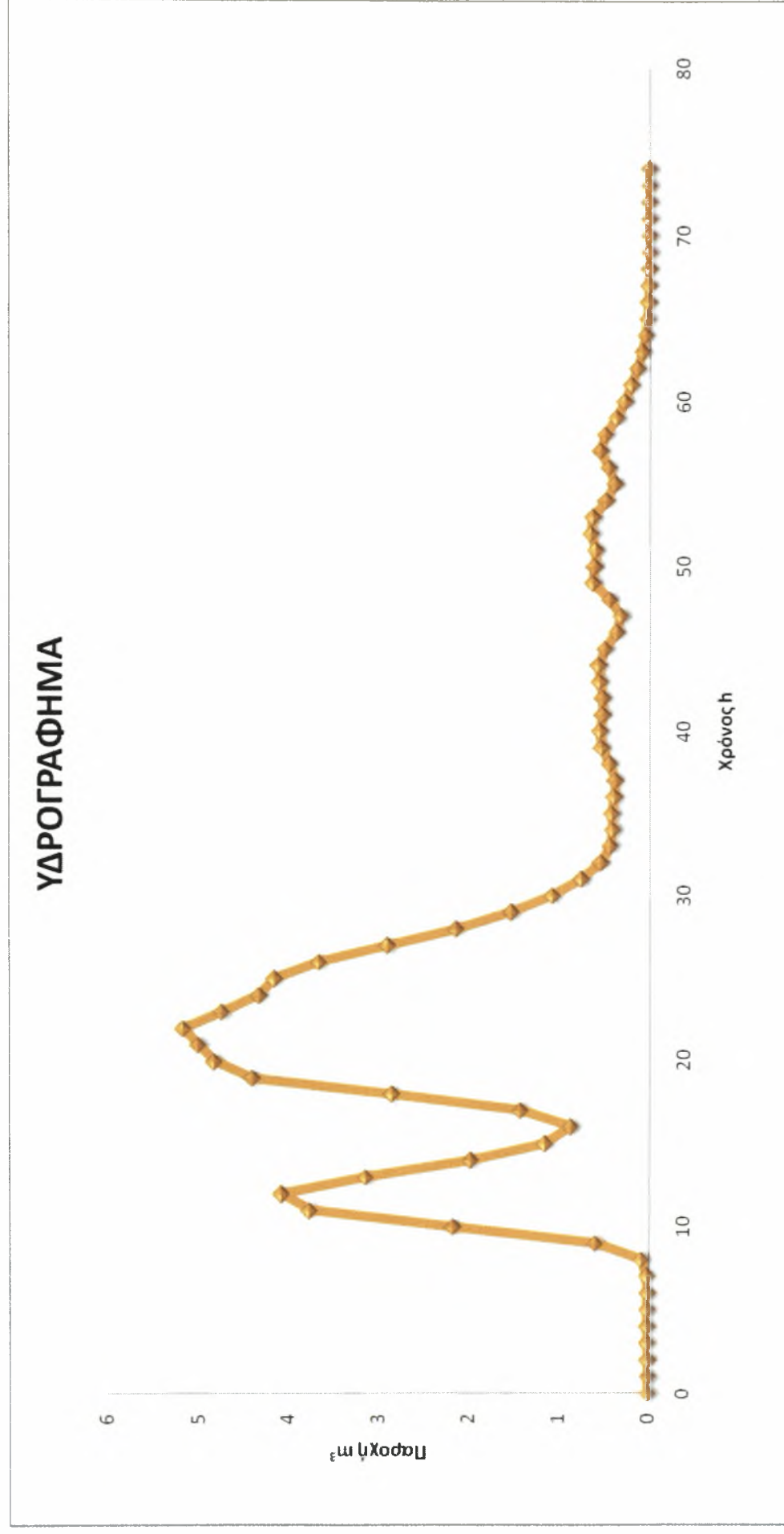
Τιμές παροχής απορροϊκού ύψους βροχόπτωσης 1 mm



Χρόνος (h)	Παροχή (m³)
0	0
1	0,0197
2	0,0713
3	0,0801
4	0,0549
5	0,0321
6	0,0186
7	0,0105
8	0,0063
9	0,003
10	0,0018
11	0,0011
12	0,001
13	0,0007
14	0
15	0

Χρόνος	1 cm	0	0	0
0,00	0,00000			
0,26	0,01275			
0,53	0,06375			
0,79	0,13600			
1,00		0		
1,06	0,23800	4,43E-05		
1,32	0,36550	0,000221		
1,59	0,51000	0,000472		
1,85	0,65450	0,000826		
2,00			0	
2,11	0,75650	0,001269	0,000108	
2,38	0,82450	0,00177	0,000538	
2,64	0,85000	0,002272	0,001148	
2,91	0,83300	0,002626	0,002009	
3,00				0
3,17	0,78200	0,002862	0,003086	0,000129
3,44	0,71400	0,00295	0,004306	0,000645
3,70	0,63750	0,002891	0,005526	0,001375
3,96	0,56100	0,002714	0,006387	0,002407
4,00				
4,23	0,47600	0,002478	0,006961	0,003697
4,76	0,35700	0,002213	0,007176	0,005158
5,00				
5,28	0,27200	0,001947	0,007033	0,00662
5,81	0,20400	0,001652	0,006602	0,007651
6,00				
6,34	0,15300	0,001239	0,006028	0,008339
6,87	0,11050	0,000944	0,005382	0,008597
7,00				
7,40	0,08330	0,000708	0,004736	0,008425
7,93	0,06375	0,000531	0,004019	0,007909
				0
				3,79E-05
				0,000189
				0
				0,000404
				0,000707
				0,000883
				0,004416

Από την παραπάνω σύνθεση των μοναδιαίων υδρογραφημάτων προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα.



4.11 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο χειμάρρος "Γεραμπίνη" Ζαγοράς ανήκει στην κατηγορία των ορεινών περιοχών. Στην περιοχή αυτή παρατηρείται έντονη δασοκάλυψη. Οι κλίσεις που επικρατούν και το ιδιαίτερο κλίμα της έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων. Κατά την εκδήλωση αυτών των φαινομένων περιορίζεται στο ελάχιστο η συγκράτηση των υδάτων από την υπάρχουσα δασοκάλυψη.

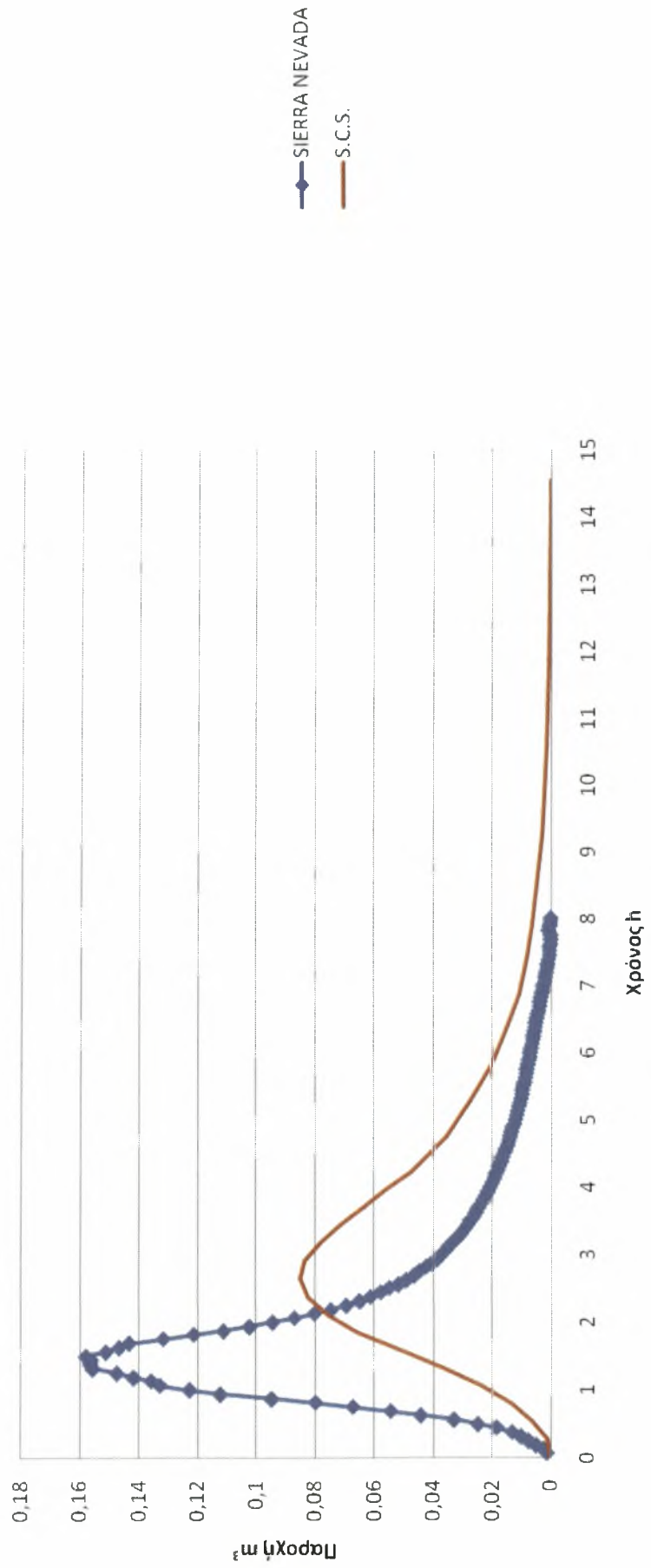
Η ανάλυση της έντονης βροχόπτωσης της 7-10 Δεκεμβρίου 2002 έγινε με την μέθοδο SIERRA NEVADA (Design of Small Dams) και με την μέθοδο της S.C.S. Οι μέθοδοι έδειξαν ότι η δεύτερη μέθοδος παρουσιάζει μια σημαντική υστέρηση επίτευξης της μέγιστης τιμής της παροχής σε σχέση με την πρώτη μέθοδο.

Από την σύγκριση των δύο μοναδιαίων υδρογραφημάτων παρατηρείται ότι η μέθοδος της SIERRA NEVADA δίνει το μέγιστο που είναι ίσο με $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$ από την πρώτη μέχρι και την δεύτερη ώρα. Στην συνέχεια υπάρχει κατακόρυφη πτώση της παροχής σχηματίζοντας την πρώτη αναφορά στο μηδέν κατά την διάρκεια της εβδομης ώρας.

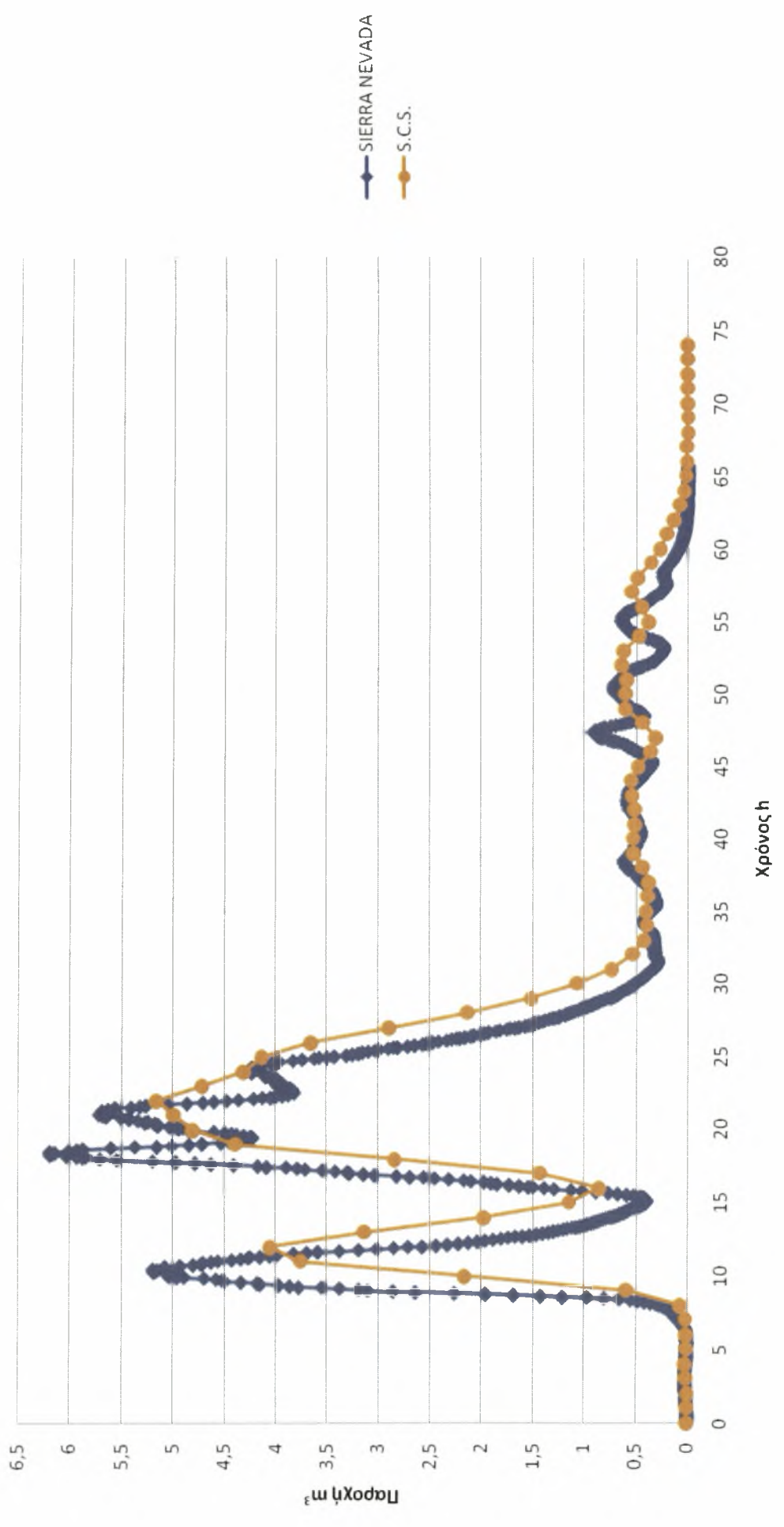
Αντίθετα στη μέθοδο της S.C.S. φαίνεται να πραγματοποιεί το μέγιστό της που είναι ίσο με το μισό της προηγούμενης μεθόδου $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ κατά την συμπλήρωση της τρίτης ώρας και εμφανίζει την πρώτη μηδενική ένδειξη κατά την εντέκατη ώρα.

Από τη σύγκριση των συνθετικών διαγραμμάτων προκύπτει ότι το υδρογράφημα της μεθόδου S.C.S. εμφανίζει μια σημαντική υστέρηση επίτευξης της μέγιστης τιμής ($5,156 \text{ m}^3/\text{s}$) της παροχής σε σχέση με αυτό της SIERRA NEVADA ($6,197 \text{ m}^3/\text{s}$). Ακόμη φαίνονται ότι τα δύο μέγιστα μεταξύ των μεθόδων έχουν μια διαφορά της τάξης της μιας μονάδας.

ΜΟΝΑΔΙΑΙΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ



ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Α. Ψιλοβίκος** (2005). Αειφορική διαχείριση υδατικών πόρων. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος. 205σελ.
2. **Γ. Μπαλούτσος, Δ.Κουτσογιάννης, Α. Οικονόμου, Π.Καλλίρης**, (2000). Διερεύνηση της απόκρισης της λεκάνης απορροής Ξηριά Κορίνθου στην καταιγίδα της 11-13 Ιανουαρίου 1997 με τη μέθοδο SCS. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα. Τόμος. 11. Τεύχος 1/2000, σελ. 77-90.
3. **Δ. Κωτούλας** (2001) “Ορεινή υδρονομική”, Τόμος 1. Τα ρέοντα ύδατα. σ. 681. Θεσσαλονίκη.
4. **Δ. Μ. Παπαμιχαήλ** (2004). Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών υδάτων. Εκδόσεις Γιαχούδη. Θεσσαλονίκη. 392 σελ.
5. **Δ. Παπαμιχαήλ και Δ. Παπαδήμος** (1995). Διερεύνηση σχέσεων βροχής – απορροής, με τη βοήθεια του μοναδιαίου υδρογραφήματος του Nash και του αριθμού καμπύλης απορροής CN της SCS. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΥΕ, σελ. 262-270.
6. **Δ. Στάθης , Μ. Σαπουντζής** (2003). Διερεύνηση της σχέσης βροχής-απορροής της λεκάνης του χειμαρρικού ρεύματος “Πετρένια” Γοματίου Ν. Χαλκιδικής στην καταιγίδα της 7-9 Οκτωβρίου 2000.Γεωτεχνικά Επιστημονικά θέματα Τεύχος 1.
7. **Μ. Σαπουντζής, Θ. Παπαθανασίου, Δ. Μυρωνίδης** . ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ «ΓΕΡΑΜΠΙΝΗ» ΖΑΓΟΡΑΣ. Συνέδριο Ε.Υ.Ε Πρακτικά 10⁰ συνεδρίου 135-142 σελ.
8. **Π. Στεφανίδης** (1990) .“Μορφομετρική και υδρογραφική συγκρότηση των χειμαρρικών τύπων στο χώρο της Β. Ελλάδας”, Επιστημονική Επιτροπή του Τμήματος Δασολογίας, αριθ. 6, ΛΒ΄ τόμος. Θεσσαλονίκη.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097471